

الدوائر الإلكترونية الرقمية والحاسبات

تأليف

باري ج. وولارد

محاضر في الإلكترونيات الصناعية والقياسات وهندسة التحكم
كلية ومسال للتكنولوجيا

ترجمة

الدكتور سمير إبراهيم شاهين
قسم هندسة الإلكترونيات والأضالات الكهربائية
كلية الهندسة - جامعة القاهرة
جمهورية مصر العربية

مراجعة

الأستاذ الدكتور أحمد عزيز كمال
أستاذ بكلية الهندسة - جامعة القاهرة
جمهورية مصر العربية

جمهورية مصر العربية - القاهرة

دار ماكجروهيل للنشر



نيويورك . سانت لويس . سان فرانسيسكو . أوكلاند . بوجوتا . دوسلدورف . جوهانسبرج .
لندن . مدريد . مكسيكو . مونتريال . نيودلهي . بناما . باريس . ساو باولو . سنغافورة .
سيدني . طوكيو . تورنتو .

حقوق التأليف © (١٩٧٨) دار ماكجروهيل للنشر ، إنك . جميع الحقوق محفوظة .

Digital Integrated Circuits and Computers Barry G. Wollard

أعد الترجمة العربية مركز الأهرام للترجمة العلمية بالقاهرة . لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أى وجه أو بأى طريقة سواء كانت أليكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو بالتسجيل أو خلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقيداً .

ISBN 07 084266-3

المحتويات

الصفحة	الموضوع
	مقدمة :
١	١ - الدوائر المتكاملة
١	١ - ١ مقدمة
١	٢ - ١ تطور الدوائر المتكاملة
١٨	٣ - ١ تغليف الدوائر المتكاملة
١٦	٤ - ١ اختصارات شائعة الاستخدام
٢١	٢ - المنطق ، البوابات المنطقية الأساسية ونظم الترقيم
٢١	١ - ٢ المنطق
٢١	٢ - ٢ الجبر البولي
٢٢	٣ - ٢ القواعد الأساسية للجبر البولي
٢٢	٤ - ٢ قوانين المنطق
٢٤	٥ - ٢ التنظيم الرمزي لعناصر النظم المنطقية
٢٤	٦ - ٢ بوابات المنطق الأساسية وجداول الحقيقة
٢٧	٧ - ٢ نظم الترقيم
٣٠	٣ - الدوائر المنطقية المتكاملة
٣٠	١ - ٣ مقدمة
٣٠	٢ - ٣ اختيار نوع الدوائر المنطقية
٣٠	٣ - ٣ سرعة التشغيل
٣٣	٤ - ٣ المناعة ضد الضوضاء
٣٤	٥ - ٣ عدد المدخل و عدد تفرعات الخرج
٣٤	٦ - ٣ استهلاك الطاقة
٣٤	٧ - ٣ مدى درجات حرارة التشغيل
٣٤	٨ - ٣ أنواع الدوائر المنطقية
٣٥	٩ - ٣ دوائر منطق النبضة الثنائية والمقاومة (DRL)
٣٨	١٠ - ٣ بوابات متتابعة بالنبايط الثنائية
٣٩	١١ - ٣ بوابات منطق المقاومة - الترانزستور (RTL)
٤٠	١٢ - ٣ بوابات منطق النبضة الثنائية - الترانزستور (DTL)

٤٢	٣ - ١٣	بوابات منطق الترانزستور - الترانزستور (TTL)
٤٤	٣ - ١٤	التيارات المنصبة والناجئة
٤٦	٣ - ١٥	التعرف على دوائر TTL وطرق ترميزها
٤٧	٣ - ١٦	المواصفات - ورقة بيانات TTL
٤٨	٣ - ١٧	بوابات منطق مرتبطة عن طريق المرسل (ECL)
٥٠	٣ - ١٨	بوابات منطق باستخدام MOS
٥١	٣ - ١٩	بوابات منطق باستخدام CMOS
٥٤	٤ -	شبكات المنطق :
٥٤	٤ - ١	بوابات من نوع نفي « و » (NAND) نفي « أو » (NOR)
٥٨	٤ - ٢	بوابات أو المنفرد Exclusive - OR
٦٠	٤ - ٣	نظام أمان بسيط لتشغيل ماكينة
٦٤	٥ -	خرائط كارنوف :
٦٤	٥ - ١	مقدمة
٦٦	٥ - ٢	إسقاط الدوال
٦٦	٥ - ٣	ضم الخلايا
٧٨	٦ -	العناصر ثنائية الاستقرار :
٧٨	٦ - ١	مقدمة
٧٨	٦ - ٢	دائرة قلابية من نوع S-R
٨٠	٦ - ٣	دائرة قلابية متزامنة من نوع S-R
٨٠	٦ - ٤	دائرة قلابية من نوع D
٨٢	٦ - ٥	قاعدة التابع / المتبوع
٨٣	٦ - ٦	دائرة قلابية من نوع J-K
٨٥	٧ -	عمليات الحساب الثنائي :
٨٥	٧ - ١	مقدمة
٨٥	٧ - ٢	الجمع في الحساب الثنائي
٨٧	٧ - ٣	الجامع على التوالي
٨٩	٧ - ٤	الجامع على التوازي
٧٠	٧ - ٥	الطرح في الحساب الثنائي
٩٢	٧ - ٦	الطرح الثنائي
٩٢	٧ - ٧	الضرب في الحساب الثنائي
٩٥	٧ - ٨	القسمة في الحساب الثنائي

الصفحة	الموضوع
٩٥	٧ - ٩ مضاعف المعدل
٩٨	٨ - المسجلات ، مسجلات الإزاحة والعدادات :
٩٨	٨ - ١ مقدمة
٩٧	٨ - ٢ مسجل التخزين
١٠١	٨ - ٣ مسجل الإزاحة
١٠٣	٨ - ٤ التحكم في البيانات في مسجلات الإزاحة
١٠٧	٨ - ٥ مسجل الإزاحة القابل للعكس
١١٢	٨ - ٦ العدادات غير المترامنة (عداد تموجات)
١١٣	٨ - ٧ عداد يمكن عكسه
١١٤	٨ - ٨ فك الشفرة
١١٦	٨ - ٩ العدادات المترامنة
١١٨	٨ - ١٠ نظام الترقيم الثنائي بالشفرة العشرية (BCD)
١٢١	٨ - ١١ عداد ثنائي بالشفرة العشرية (BCD) 8421
١٢١	٨ - ١٢ العداد الدائري
١٢٧	٨ - ١٣ مولد الأعداد العشوائية
١٣٦	٩ - نظم التحكم في العمليات الصناعية باستخدام الدوائر المنطقية :
١٣٦	٩ - ١ مقدمة
١٥١	١٠ - الحاسب الرقمي :
١٥١	١٠ - ١ مقدمة
١٥١	١٠ - ٢ ماهو الحاسب ؟
١٥٢	١٠ - ٣ كيف يعمل الحاسب ؟
١٥٢	١٠ - ٤ نفايات داخلية - نفايات خارجية (GIGO)
١٥٣	١٠ - ٥ العناصر المكونة للحاسب الرقمي
١٥٤	١٠ - ٦ المشغل المركزي
١٥٤	١٠ - ٧ الأمر
١٥٥	١٠ - ٨ التخزين
١٥٥	١٠ - ٩ وحدة الحساب
١٥٦	١٠ - ١٠ وحدة التحكم
١٥٦	١٠ - ١١ وحدات الإدخال
١٥٧	١٠ - ١٢ وحدات الإخراج
١٥٧	١٠ - ١٣ تطبيقات الحاسبات

١٥٨	١٠-١٤ التطور التاريخي للحاسبات
١٥٩	١١- الذاكرة في الحاسب
١٥٩	١١-١ مقدمة
١٥٩	١١-٢ مخازن القلوب الحديدية
١٦٣	١١-٣ القراءة والكتابة في الذاكرة
١٦٤	١١-٤ مخازن الغشاء الرقيق
١٦٤	١١-٥ مخازن أشباه الموصلات
١٦٤	١١-٦ ذاكرة الوصول المباشر (RAM) الاستاتيكية من أشباه الموصلات
١٦٦	١١-٧ ذاكرة الوصول العشوائي الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات
١٦٩	١١-٨ ذاكرة أشباه الموصلات من أنواع EAPROM, PROM, ROM
١٧٢	١١-٩ المخازن الاحتياطية
١٧٣	١١-١٠ الاسطوانة المغنطة كمخزن احتياطي
١٧٤	١١-١١ الشريط المغنط كمخزن إضافي
١٧٥	١١-١٢ قرص التخزين الممكن تبديله
١٧٧	١٢- مفاهيم البرمجة
١٧٧	١٢-١ مبادئ عمل خرائط سير العمليات
١٧٧	١٢-٢ خريطة سير العمليات البسيطة
١٧٩	١٢-٣ الرموز الحسابية
١٨١	١٢-٤ الجمل الحسابية
١٨١	١٢-٥ الدوران
١٨٥	١٢-٦ برنامج بسيط
١٨٦	١٢-٧ مفاهيم المحتويات الفكرية للحاسب
١٩٠	١٢-٨ تجهيز البرنامج
١٩١	ملحقات :
١٩١	(أ) الرموز المنطقية
١٩٢	(ب) توصيلات أطراف الدوائر المتكاملة من نوع TTL رقم 74 والشائعة الاستخدام
١٩٨	(ج) مولد النبضات رقم 555 ودوائر مفيدة أخرى
٢٠٢	المصطلحات العلمية (عربي - انجليزي)
٢٠٧	المصطلحات العلمية (انجليزي - عربي)
٢١٢	الفهرس الأبجدي

مقدمة

كان التقدم في تكنولوجيا الدوائر المتكاملة سبباً لتغيرات أساسية في مجالات الألكترونيات الرقمية والحاسبات وهذه الاختراعات المتقدمة أدت إلى الانتشار الواسع للآلات الحاسبة الألكترونية والساعات الرقمية في المجالات المنزلية كما أدت أيضاً إلى إدخال أجهزة القياس الرقمية المتعددة الاستخدام ، وعدادات التردد الرقمية والأجهزة الرقمية للقياسات (DPM) والحكم الرقمي المباشر للعمليات الصناعية الدقيقة - بكل ماتحمل من إمكانيات - إلى المجالات الصناعية .

يتم تصنيع الدوائر المتكاملة الرقمية بطريقتين أساسيتين : نبائط أشباه الموصلات ثنائية القطبية (على سبيل المثال TTL) ونبائط أشباه الموصلات أحادية القطبية « على سبيل المثال CMOS ، MOS » وسيم تقديم المبادئ الأساسية لكل منهما ولكن سنركز في التطبيقات العملية على استعمال الدوائر التي تستخدم الـ (TTL) . كما أنه يمكن تحقيق وتنفيذ نفس التطبيقات باستخدام دوائر الـ CMOS باتخاذ الاحتياطات اللازمة لمراعاة الفروق الأساسية في طرق التصميم .

إن هذا الكتاب يمثل أساساً لمحتويات واحد من مجموعة من المقررات القصيرة الناجحة التي تم تطويرها في كلية والسل للتكنولوجيا وكان الهدف منها هو تشجيع الاحتكاك العملي إلى أقصى حد وذلك حتى يمكن للطلاب اكتساب الخبرة العملية في التعامل مع توصيل وعمل قياسات مختلفة على الدوائر المتكاملة الرقمية . أود أن أشكر كل من ساعدني في تحضير هذا الكتاب وعلى وجه الخصوص زملائي وطلبي ورجال الصناعة الكثيرين الذين زودوني بنصائحهم . وأخيراً أوجه شكري خاصة لزوجتي لمجهوداتها وصبرها في نسخ أصول الكتاب على الآلة الكاتبة .

باري ج وولارد

الفصل الأول

الدوائر المتكاملة

١ - ١ مقدمة

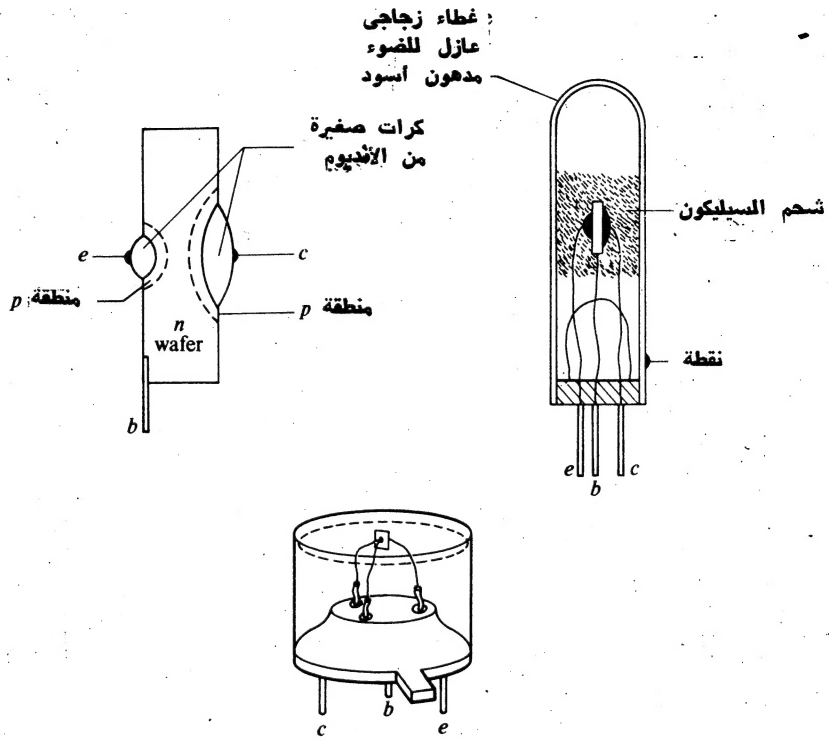
يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة إلى دوائر متكاملة خطية ودوائر متكاملة رقمية . تشمل الدوائر المتكاملة الخطية في العادة دوائر التكبير أما الدوائر الرقمية فتشمل دوائر التحويل . وسينظر في هذا الكتاب للدوائر الرقمية فقط ووظائفها الأساسية في معالجة المعلومات الرقمية باستخدام دوائر التحويل . من أهم استخدامات دوائر التحويل عمليات التحكم في المحركات وغيرها من الآلات الصناعية ولكن نظراً لقصور إمكانيات الدوائر المتكاملة في التعامل مع الطاقات العالية فإن استخداماتها في هذه المجالات مازالت محدودة .

تستخدم الدوائر الرقمية لتشغيل وتخزين المعلومات في النظم الرقمية مثل الحاسبات الكبيرة وحاسبات الجيب ونظم التحكم الصناعي والأجهزة المستخدمة لعد الترددات . عند استخدام الدوائر المتكاملة لا يحتاج مصمم النظم الرقمية إلى تصميم البوابات والدوائر القلابية باستخدام الترانزستورات وفي بعض الحالات لا يحتاجون لتوصيل البوابات والدوائر القلابية للحصول على دوائر أكثر تعقيداً ، بدلاً من ذلك يمكنهم تصميم وبناء النظم الكبيرة باستخدام وحدات بناء كبيرة مصنعة في صورة دوائر متكاملة بها عدد كبير من البوابات والدوائر القلابية لذلك فإن تعلم الدوائر المتكاملة الرقمية يحتاج لمعرفة بوحدات البناء الأساسية الموجودة .

١ - ٢ تطور الدوائر المتكاملة

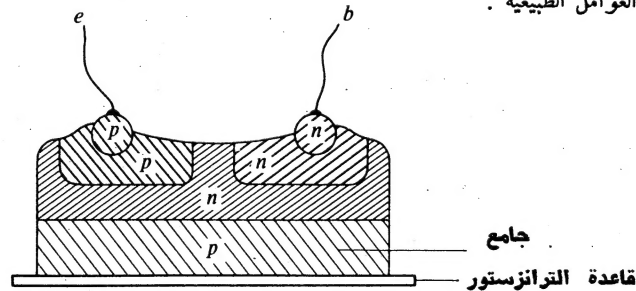
نشأت الدوائر المتكاملة على أثر تطور وسائل تصنيع الترانزستور . كانت الأنواع الأولى من الترانزستور تصنع عن طريق وصلة - نمو بحيث يتم تنمية مناطق p و n في نفس البلورة . تبع ذلك تصنيع الترانزستور من وصلة مسبوكة . يتم ذلك بوضع شوائب n على جانبي قطعة من نوع P بحيث نحصل على قاعدة يصل سمكها إلى ٢٥ ميكرومتراً . كما هو موضح في شكل ١ - ١ . أدى ذلك لتحسين أداء الترانزستور في الترددات العالية بحيث وصل إلى مليون هرتز كحد أقصى . أدى ظهور ترانزستورات السيليكون - الانتشار إلى إمكانية الحصول على قاعدة رقيقة للغاية كما هو مبين في شكل ١ - ٢ وبذلك تحسن الأداء في الترددات العالية حتى عدة مئات مليون هرتز لكن يعيبها صغر فرق الجهد المسموح به بين الجامع والمرسل .

في عام ١٩٦١ وصفت واستخدمت عملية التصنيع السطحية وتعتبر الآن الطريقة الوحيدة تقريباً المستخدمة لتصنيع نبائط السيليكون ويمكن عن طريقها الحصول على نبائط تعمل بكفاءة في ترددات عالية جداً تصل إلى عدة آلاف مليون هرتز .

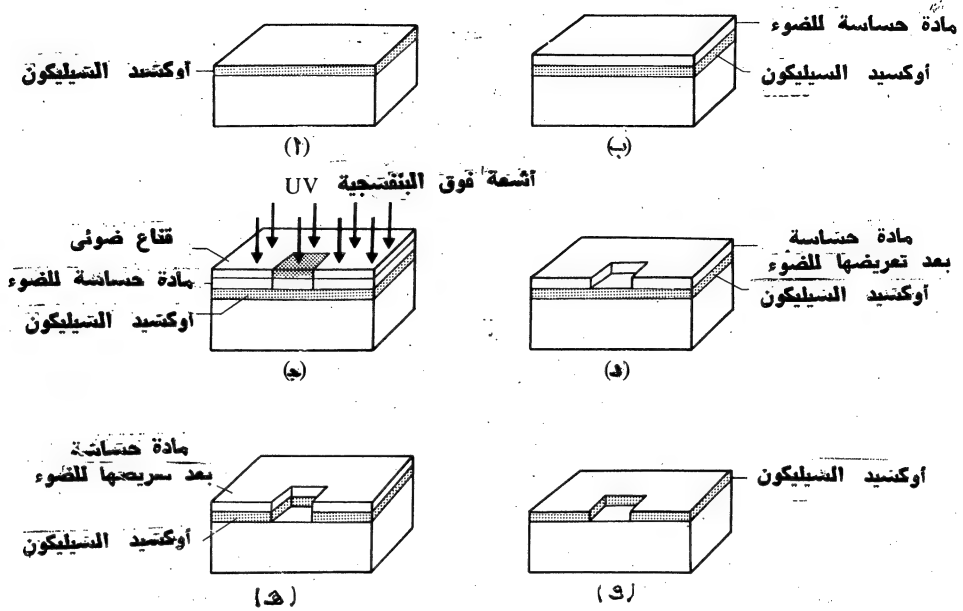


شكل ١ - ١ ترانزستور الوصلة المسبوكة

كما يمكن تصنيع عدة آلاف من الترانزستورات على نفس الشريحة . لكننا سنقدم خطوات تصنيع ترانزستور واحد بهذه الطريقة للتبسيط . نبدأ بشريحة من مادة شبه موصلة مثل السيليكون مغطاة بطبقة من الأوكسيد على سطحها العلوى . يتم حفر فتحات في طبقة أو أكسيد السيليكون بواسطة طريقة الحساسية للضوء كما هو مبين في شكل ١ - ٣ . في الخطوة التالية تعرض الشريحة لجو معبأ بشوائب من نوع P وبذلك يمكن نشر منطقة قاعدة الترانزستور في داخل الشريحة n خلال الفتحة ١ - ٤ . تستخدم نفس الطريقة لعمل المرسل وذلك بأكدسة السطح العلوى مرة أخرى وعمل فتحة ثم نشر منطقة n لتكوين المرسل كما يوضح شكل ١ - ٤ ، يبين شكل ١ - ٥ مجموعة الأنظمة المختلفة المستخدمة في عمليات الحفر بالحساسية الضوئية . تتميز هذه الطريقة بأن وصلات p-n تتكون تحت طبقة من أو أكسيد السيليكون وبذلك تم حمايتها من العوامل الطبيعية .



شكل ١ - ٢ ترانزستور السبيكة - الانتشار



شكل ١ - ٣ عمليات الحفر بالحساسية الضوئية .

(أ) شريحة السيليكون المؤكسدة .

(ب) محلول مادة حساسة للضوء بعد نشره على السطح .

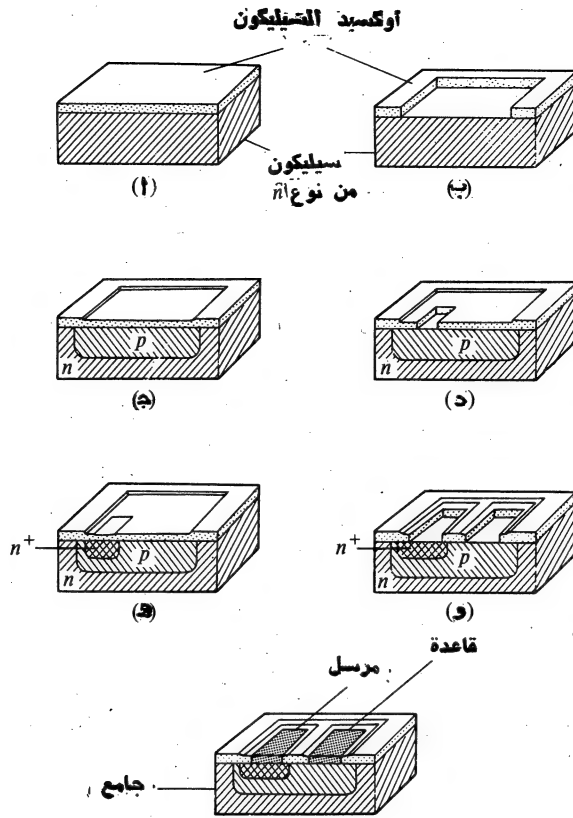
(ج) تعريض السطح الحساس للضوء للأشعة فوق البنفسجية (UV) خلال قناع ضوئي .

(د) إزالة الجزء الذي لم يتعرض للضوء من المادة الحساسة .

(هـ) إزالة جزء من أكسيد السيليكون .

(و) إزالة المادة الحساسة للضوء .

من المستحسن أن تكون مقاومة الجامع النوعية عالية وذلك لتقليل مكثف الجامع وزيادة جهد إنهياره . في نفس الوقت تتسبب المقاومة العالية في مقاومة ملحوظة غير مرغوب فيها بين وصلة الجامع والطرف الموصل له . يتم التغلب على هذه الصعوبة عن طريق عملية تسمى الأبيتاكسيال وفيها يتم ترسيب طبقة رقيقة ذات مقاومة عالية من نوع n فوق الشريحة السميكة التي لها مقاومة صغيرة من نوع n^+ . تستخدم طريقة الأبيتاكسيال بدلا من استخدام طريقة الانتشار وذلك لأن الانتشار يصلح لتكوين طبقة ذات مقاومة صغيرة فوق طبقة ذات مقاومة عالية وليس العكس . تتم عملية الأبيتاكسيال بترسيب بخاري من شبه موصل ذي نقاوة عالية على شريحة ذات نقاوة أقل وتحافظ هذه العملية على التركيب البلوري للشريحة . يمكن استخدام هذه الطريقة لتصنيع الترانزستور وذلك بترسيب طبقة أبيتاكسيالية من نوع n ذات مقاومة نوعية عالية فوق شريحة ذات مقاومة نوعية صغيرة من نوع n^+ . يتبع ذلك عمليات انتشار في الطبقة المرسبة أبيتاكسياليا فقط وبذلك يمكن الحصول على مكثف صغير وجهد انهيار عال . في نفس الوقت تكون المقاومة النوعية للشريحة صغيرة .



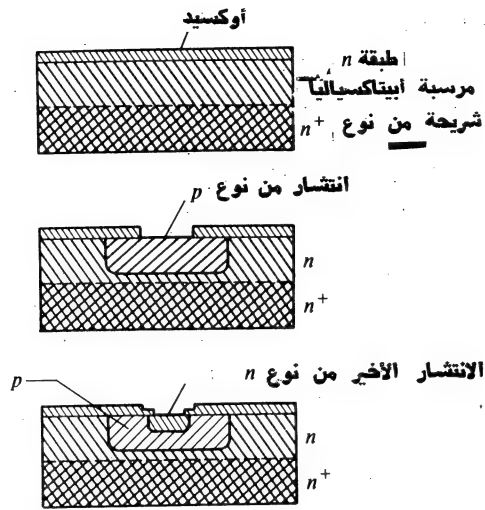
شكل ١ - ٤ : عملية تصنيع الترانزستور المسطح من السيليكون .

(أ) أكسدة السيليكون من نوع n (ب) قطع منطقة القاعدة في الأكسيد باستخدام مادة حساسة للضوء
(ج) عملية انتشار منطقة القاعدة من نوع p وتكوين سطح مؤكسد مرة ثانية . (د) قطع منطقة المرسل
بالحساسية الضوئية . (هـ) تكوين المرسل بانتشار مادة من نوع n^+ وتكوين سطح مؤكسد مرة أخرى .
(و) فتح مناطق لتكوين نقط اتصال القاعدة والمرسل باستخدام الحساسية الضوئية للمرة الثالثة .
(ز) تكوين أطراف توصيل بعملية ترسيب تبخيري للألومنيوم ثم استخدام الحساسية الضوئية للمرة
الرابعة لتحديد نقط التوصيل .

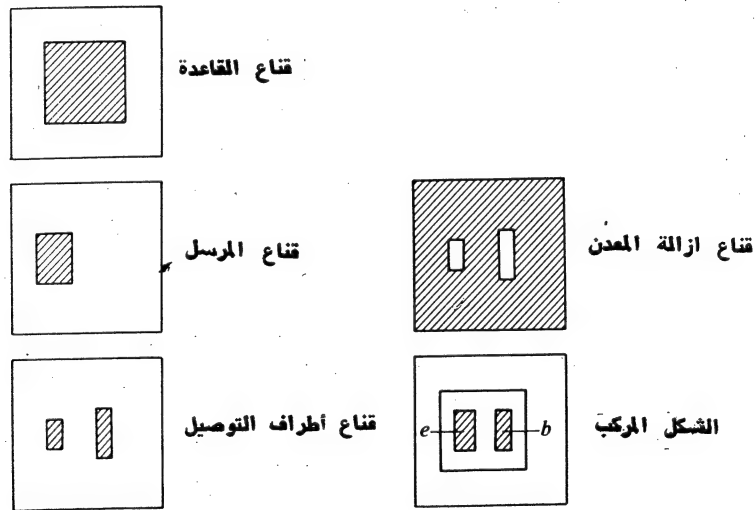
بهذه الطريقة يتم تصنيع الترانزستور في الطبقة المرسبة أبيتا كسياليا ونحصل على الترانزستور المسطح الأبيتا كسيالي .

كما يوضح شكل ١ - ٦ .

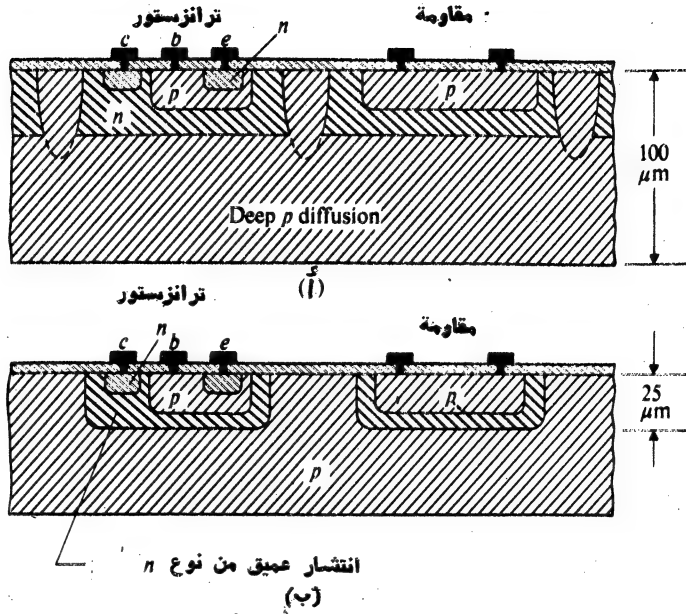
تصنع الدوائر المتكاملة المكونة من البلورة واحدة باستخدام الطريقة المشروحة أعلاه بحيث يتم تكوين المقاومات والمكثفات ، والنبائط الثنائية والترانزستورات على طبقة أبيتا كسيالية واحدة وتتصل هذه المكونات ببعضها عن طريقة وصلات معدنية يتم ترسيبها على طبقة أكسيد السيليكون بالتبخير كما يوضح شكل ١ - ٧ . يشار لهذه النبائط باسم النبائط ثنائية القطبية وذلك بسبب أن تصنيعها يشمل أشباه موصلات من نوعي n و p في نفس الوقت . يوضح شكل ١ - ٨ خطوات تصنيع دائرة متكاملة وشكل ١ - ٩ يبين مثالا لدائرة متكاملة فعليه .



شكل ١ - ٥ الأتعة المستخدمة في تصنيع ترانزستور مسطح واحد من مادة السيليكون .



شكل ١ - ٦ الترانزستور المسطح الأليتاكسيال المصنع من السيليكون



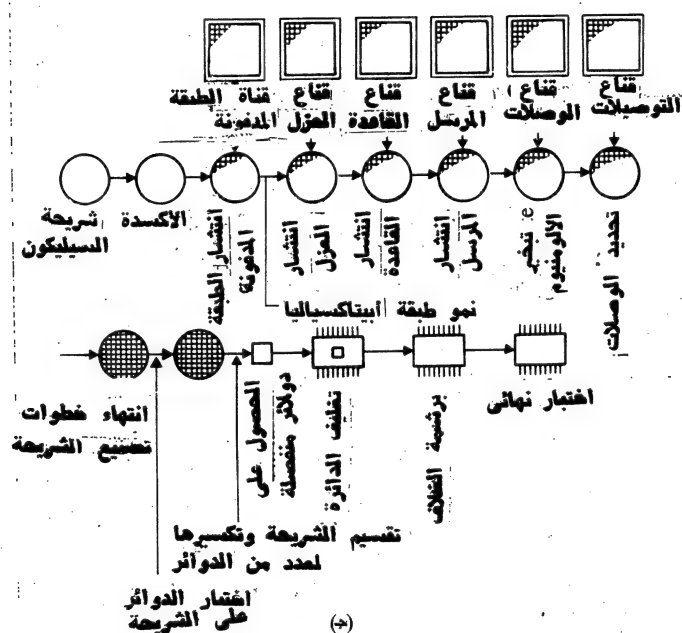
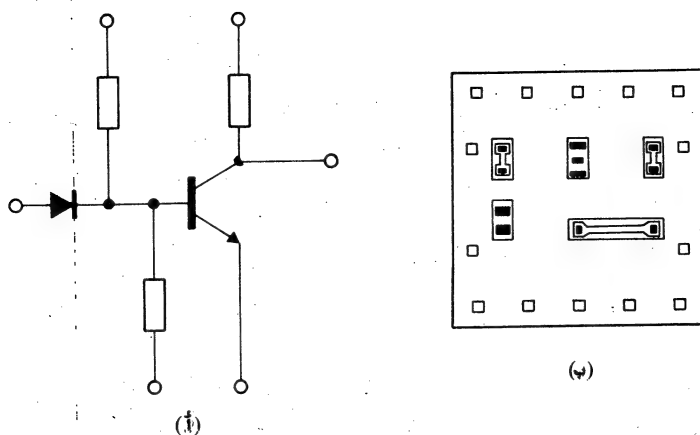
شكل ١ - ٧ دائرة متكاملة من الجيل الأول .

(أ) عملية انتشار عميق (ب) ثلاث عمليات انتشار .

ظهرت بعد ذلك ترانزستورات أحادية القطبية ويرجع سبب هذه التسمية إلى أن التيار الكهربائي المار بها يعتمد على حاملات شحنة من نوع واحد فقط (حاملات الشحنة الغالبة) تعتمد هذه الترانزستورات في عملها على تأثير مجال كهربائي ولذلك يطلق عليها ترانزستورات تأثير المجال . وتكتب اختصاراً FET باللغة الإنجليزية .

يتكون ترانزستور تأثير المجال البسيط (FET) من شريحة من شبه موصل من نوع n مثلاً تمثل قناة لممرور التيار بينما تتكون بوابة من نوع p كما هو موضح بالشكل ١ - ١٠ . يسمى هذا الترانزستور بترانزستور تأثير المجال ذي قناة n بوصلة بوابة (ويرمز له بالرمز JGFET أو JFET) . تتدفق حاملات الشحنة الغالبة من المصدر (الباعث) إلى المصب (الجامع) بتسليط جهد معاكس على الوصلة $n - p$ تتكون طبقة خالية من الشحنات ويقل سمك القناة وتزيد مقاومتها ويقل تيار المصب . بزيادة الجهد على البوابة في الاتجاه العكسي يقل سمك القناة مرة أخرى ويقل تيار المصب بدرجة أكبر .

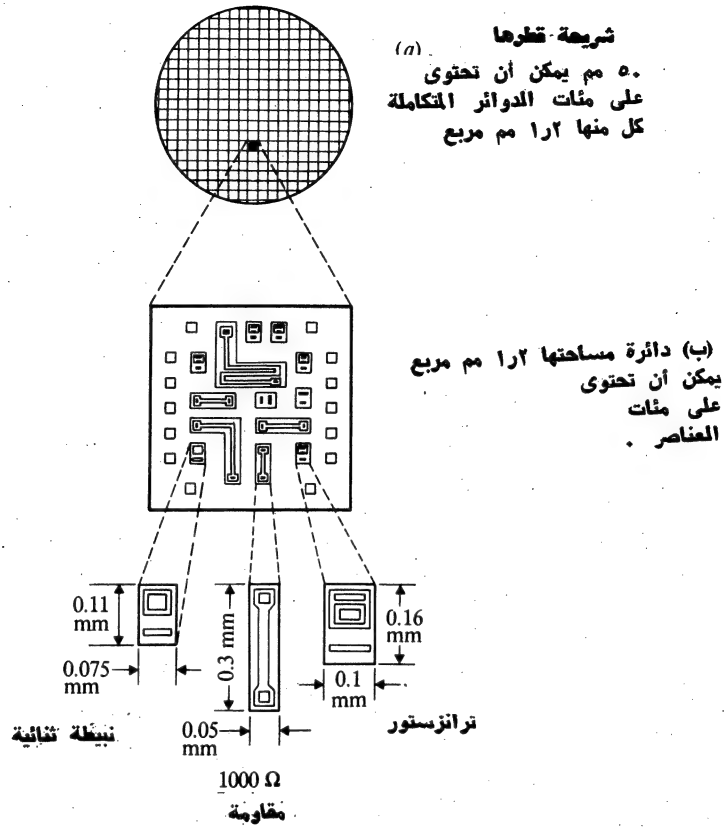
في نفس الوقت إذا كان جهد البوابة صفراً وارتفع جهد المصب يمر تيار على طول القناة . وبالتالي يترتب على ذلك فرق في الجهد المفقود على طول القناة وتصبح القناة موجهة عكسياً وتتكون بذلك طبقة خالية من الشحنات الحرة كما يبين شكل ١ - ١١ - ب . بزيادة أخرى لجهد المصب أو البوابة تمتد الطبقة الخالية من الشحنات بحيث تغطي معظم القناة وبذلك تفرص على التيار بشدة وتجبره على المرور في طبقة رقيقة جداً تصل مقاومتها إلى $250 \text{ k}\Omega$. عندما يكون جهد البوابة مساوياً للصفر . ويسمى جهد المصب عند هذه اللحظة بجهد القصر . إذا رفعنا جهد المصب لأعلى من هذا الجهد نلاحظ أن خاصية الخرج تصبح مشبعة بمعنى أن التيار لا يتغير بزيادة جهد المصب .



شكل ١ - ٨ خطوات تصنيع دائرة متكاملة

(أ) تصميم الدائرة (ب) توزيع عناصر الدائرة (ج) عمليات التصنيع المختلفة باستخدام الآقنة الضوئية (عمليات الرسم ، التصوير ، التصغير وتكرار عمليات التصوير والتصغير).

توصف هذه العملية بأنها مرحلة الاستنفاد إذ أنه بزيادة الجهد العكسي على البوابة تستنفد الشحنات الحرة في القناة . يمكن أيضاً تشغيل الترانزستور JFET بمجهد صغير موجب على البوابة مما يسبب زيادة في تيار المصبب نتيجة انكماش منطقة الاستنفاد . وتسمى هذه المرحلة مرحلة التعزيز تتميز ترانزستورات تأثير المجال عن الترانزستورات ثنائية القطبية بأن مقاومة الإدخال فيها عالية جداً تصل إلى مئات ملايين الأوم وذلك بسبب عدم مرور تيار في البوابة .



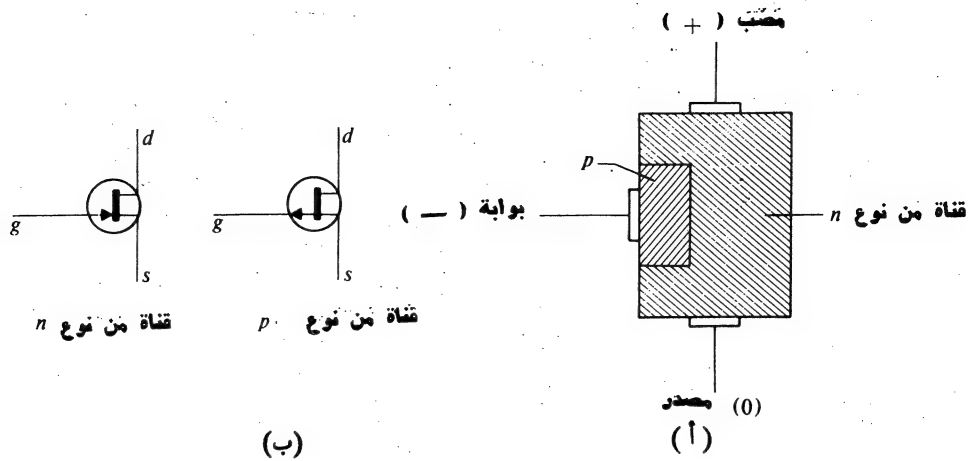
شكل ١ - ٩ دائرة متكاملة

- (أ) شريحة لتصنيع الدوائر المتكاملة قطرها ٥٠ مم يمكن أن تحتوى على مئات الدوائر المتكاملة كل منها ١,٢ مم مربع .
 (ب) دائرة متكاملة مساحتها ١,٢ مم مربع يمكن أن تحتوى على مئات العناصر .

يوضح شكل ١ - ١٢ ترانزستور تأثير المجال له قناة n ذات بوابة معزولة ويرمز له بالرمز IGFET ويختلف هذا النوع في أن البوابة معزولة عن القناة بطبقة من أكسيد السيليكون ولذلك يسمى عادة بترانزستور السيليكون - الأكسيد - المعدن (MOS) .

يعمل الترانزستور من نوع IGFET عادة في مرحلة التعزيز وذلك لأنه بوضع جهد موجب على القناة تنجذب حاملات شحنة الأقلية إلى الطبقة الموجودة بالقرب من أكسيد السيليكون ويرتبط على ذلك تكوين قناة معكوسة (قناة من نوع n) . كلما زاد الجهد الموجب زاد التوصيل النوعي لهذه القناة المعكوسة ويتسبب ذلك في تعزيز تدفق التيار بين المصدر والمصب .

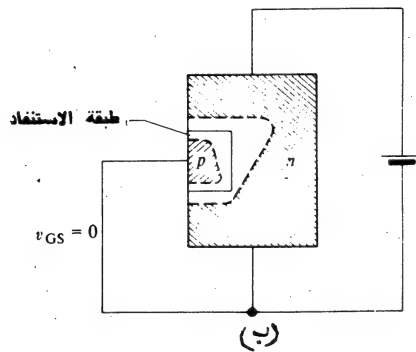
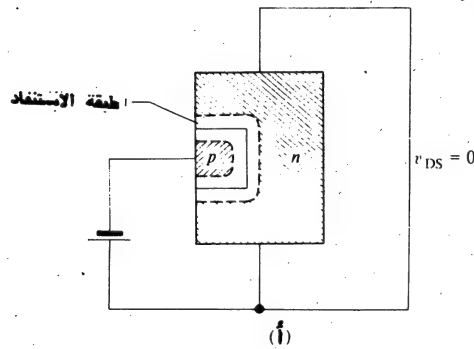
أدى ظهور ترانزستورات تأثير المجال إلى ظهور دوائر متكاملة بها ترانزستورات متتامة من نوع MOS يطلق عليها CMOS وسنعرض لهذا النوع باختصار في الفصل الثالث .



شكل ١ - ١٠ ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة

(أ) ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة وقناة من نوع n

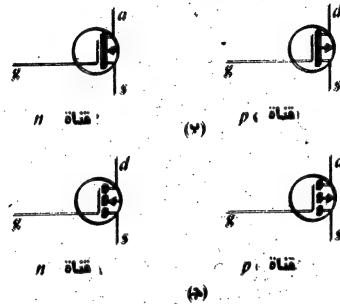
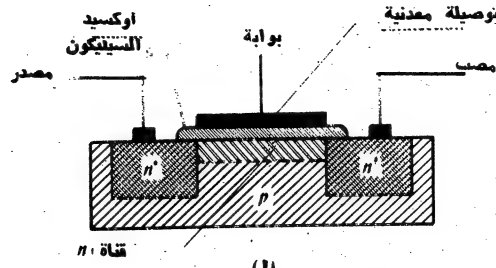
(ب) الرموز المستخدمة



شكل ١ - ١١ تكوين طبقة الاستنفاد في ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة .

(أ) جهد عكسي على البوابة .

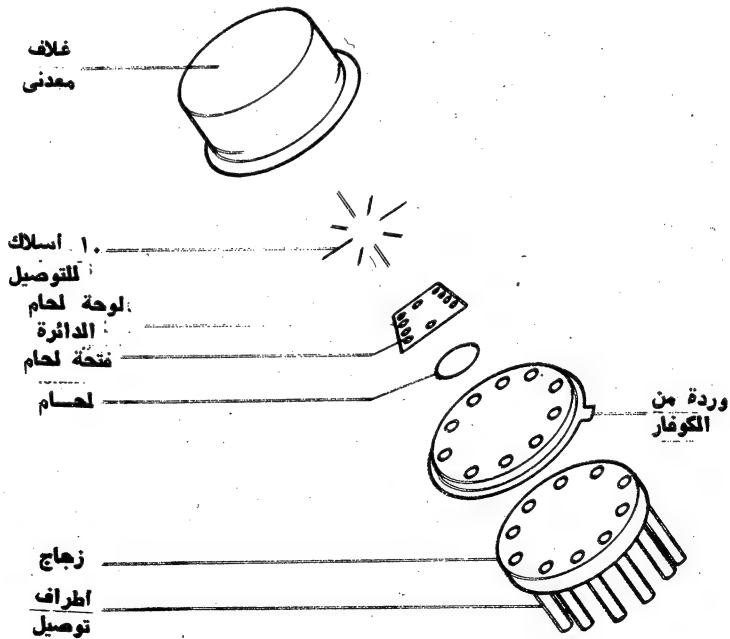
(ب) مجال كهربائي في اتجاه القناة الطولي .



شكل ١ - ١٢ ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة (MOST)

(أ) مقطع رأسى فى ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة (IGFET)

(ب) الرموز المستخدمة لتمثيل مرحلة التعزيز للترانزستورات من نوع (IGFET)



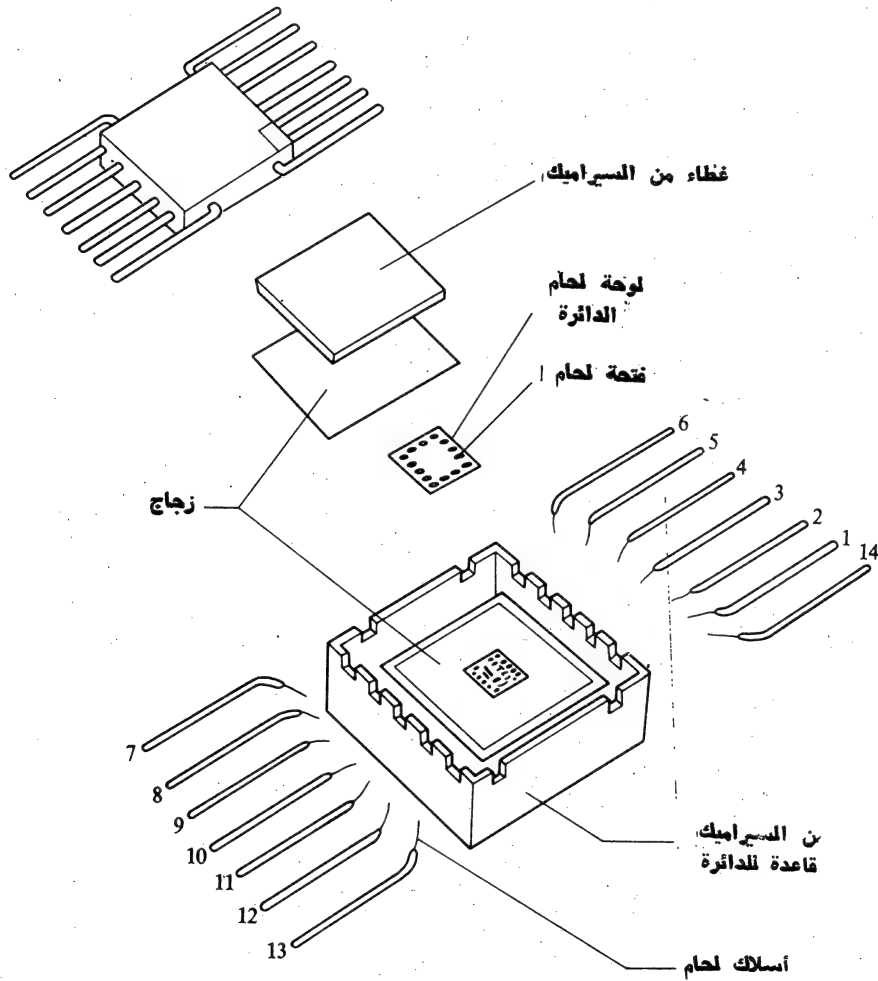
شكل ١ - ١٣ شكل يوضح مكونات الغلاف ذو عشرة أطراف لتغليفه من نوع TO 5

١ - ٣ تغليف الدوائر المتكاملة

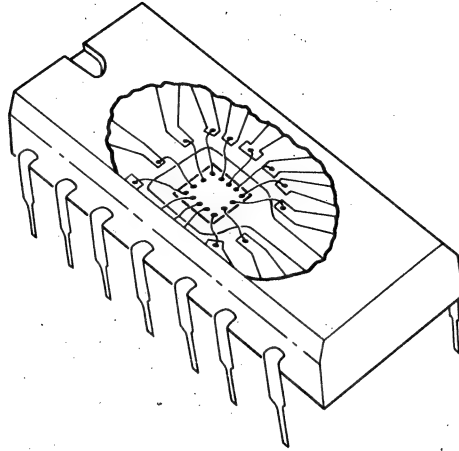
توجد ثلاثة أنواع من طرق تغليف الدوائر المتكاملة وهي :

(أ) تغليفه $TO 5$ وهذه تشبه تغليفه الترانزستور الشائعة والمسماة بنفس الاسم ولكن سمك التغليفه أصغر . تتوافر دوائر لها ٨ أو ١٠ أطراف بهذه التغليفه كما يوضح شكل ١ - ١٣ .

(ب) التغليفه المسطحة (ذات ١٤ طرفاً) صممت هذه التغليفه ليتم لحامها إلى لوحات الدوائر المطبوعة وبذلك زالت الحاجة لوصلات اللحام غير المضمونة . بالإضافة إلى ذلك فإن زيادة الحاجة لعدد أكبر من أطراف التوصيل للعالم الخارجي أدت إلى ظهور وانتشار هذا النوع الموضح بالشكل ١ - ١٤ .



شكل ١ - ١٤ التغليفه المسطحة ذات ١٤ طرفاً



شكل ١ - ١٥ تغليفة DIL

(ج) تغليفة DIL البلاستيك هذه التغليفة ذات الخطين المتوازيين تتميز برخص تكاليف تصنيعها وتعدد أطراف التوصيل كما يوضح شكل ١ - ١٥ . توجد عدة أشكال لهذه التغليفة تحوى على ١٦ ، ٢٥ ، ٢٤ ، ٤٠ و طرف توصيل .

١ - ٤ اختصارات شائعة الاستخدام

ترانزستور وصلات ثنائى القطبية	BJT
ترانزستور ذو وصلة واحدة	UJT
نبیطة عرض ذات البلورة السائلة	LCD
نبیطة ثنائية باعثة للضوء	LED
ترانزستور تأثير المجال	FET
ترانزستور تأثير المجال ذو الموصلة	JFET
ترانزستور المجال ذو البوابة المعزولة	IGFET
ترانزستور معدن - أوكسيد - سيليكون	MOS
ترانزستورات MOS متتامة	CMOS
ترانزستور MOS المؤكسد موضعيا	LOC MOS
ثنائى الخط	DIL
منطق النبیطة الثنائية والمقاومة	DRL
منطق المقاومة والترانزستور	RTL
منطق النبیطة الثنائية والترانزستور	DTL
منطق ارتباط المرسل	ECL
منطق ترانزستور - ترانزستور	TTL
TTL ذو سرعة عالية	HTTL
TTL ذو استهلاك صغير للطاقة	LTTL
TTL باستخدام وصلة ثيونكى	STTL
منطق الحقن المتكامل	IIL
الدوائر المتكاملة ذات كثافة صغيرة	SSI
الدوائر المتكاملة ذات كثافة متوسطة	MSI

الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية
ذاكرة الوصول العشوائي
ذاكرة يمكن قراءتها فقط
ذاكرة يمكن قراءتها فقط كما يمكن برمجتها
ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ويمكن مسحها
ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها وتغيير البرنامج
باستخدام نبضات كهربية
ذاكرة بعنوان بمحتوياتها وليس بمواضعها
وحدة التحكم المركزية
وحدة الحساب والمنطق
سجل التحكم في التسلسل
غير مستخدم (غير موصل)
دخول متواز - خروج متسلسل
دخول متواز - خروج متواز
دخول متسلسل - خروج متواز
دخول أول - خروج أول
دخول آخر - خروج أول

LSI
RAM
ROM
PROM
EPROM
EAROM

CAM
CPU
ALU
SCR
NC
PISO
PIPO
SIPO
FIFO
LIFO

الفصل الثاني

المنطق ، البوابات المنطقية الأساسية ونظم الترقيم

٢ - ١ المنطق

تتعلق التطبيقات المنطقية المشار إليها في سياق الكلام بنظم بسيطة نسبياً للتحكم والإنذار والمتابعة ، ومن هذه النظم البسيطة يمكن استنتاج استخدامات المنطق في النظم الأكثر تعقيداً مثل نظم معالجة البيانات ونظم التحكم في الحاسبات ، ويمكن تقسيم النظم المنطقية إلى مجموعتين أساسيتين :

(أ) نظم تراكيبية لها مجموعة من المداخل يستجيب لها خرج أو أكثر . فإذا استخدمت تراكيبية معينة من الإشارات على مداخل النظام يتولد خرج محدد في نفس اللحظة ويستمر نفس الخرج طالما استمر وجود نفس تراكيبية الإشارات الداخلية .

(ب) نظم متسلسلة يعتمد فيها الخرج عند أى لحظة على تسلسل تراكيبات الإشارات المستقبلة على المداخل حتى هذه اللحظة وعلى الحالة الأولية للنظام . إن تصميم النظم المتسلسلة والعناصر المستخدمة فيها أشبه لحد كبير بالنظم التراكيبية ولكنها تحتوي على عناصر إضافية تذكر تسلسل الإشارات السابقة على المداخل .

ويمكن فضلاً عن ذلك تقسيم النظامين السابقين إلى :

(ج) نظم متزامنة وفيها يمنع الخرج من التغيير رغم وجود مجموعة من الإشارات على المداخل إلى أن يتم استقبال إشارة التوقيت . ويتم توصيل إشارة التوقيت هذه إلى جميع الأجزاء لضمان أن كل جزء من النظام يعمل في تزامن تام مع باقي الأجزاء وتكون إشارة التوقيت على شكل سلسلة من النبضات (نبضات ساعة) يتم توليدها بواسطة مولد نبضات أو « ساعة » مستقلة عن النظام .

(و) نظم غير متزامنة وتعمل أجزاؤها المختلفة بدون نبضات تزامن ، وفيها يتطلب أن تحتفظ المخارج المختلفة للنظام بحالتها حتى يصل تأثيرها لباقي أجزاء النظام .

٢ - ٢ الجبر البولي

في سنة ١٨٥٤ كتب جورج بول Boole مقالة بعنوان « تحريات في قوانين الفكر » وكتب فيه أنه رغم فائدة الرياضيات العادية في عدد كبير من العمليات العقلية لكنها لا تستطيع التعامل مع كل جانب من جوانب الفكر .

والمثال التالي يوضح أوجه قصور الجبر العادى . افترض العبارات :

إن القطط حيوانات

إن الكلاب حيوانات

بناء على ذلك فالقطط كلاب

من الواضح أن الاستنتاج الأخير باطل

إلا أننا إذا مثلنا الجمل السابقة بالجبر العادى كما يلي :

$$= A = B$$

$$= C = B$$

$$= A = C \quad \therefore \text{ وهذا الاستنتاج صحيح تماماً .}$$

المشكلة الأساسية هنا تتعلق باللغة . فإشارة التساوى (=) الرياضية استخدمت لتمثيل « أن القطط حيوانات » فبالرغم من كون القطط حقيقة حيواناً إلا أنه من الخطأ أن نذكر أنه يساوى حيواناً وذلك لأنه جزء من فئة عامة ، هى جميع أنواع الحيوانات المختلفة .

وضع بول نظاماً رياضياً جديداً سمي « جبر الفئات » . وعلى الرغم من اهتمام علماء الرياضة في عصره بهذا النظام الجديد إلا أن أبحاث بول طواها النسيان وعلاها التراب في المكتبات المتناثرة في أركان العالم حتى عام ١٩٣٨ . في هذا الوقت وصل التطور في هندسة التليفونات والاتصالات لدرجة عالية من التعقيد، وأصبحت طرق بول فجأة مشهورة جداً مرة أخرى بسبب مقالة علمية نشرها سي . إيه شانون بعنوان « التحليل الرمزي لدوائر التحويل والإبدال » . اكتشف شانون أن الجبر البولي للفئات يمثل أداة قوية لتمثيل وتحليل الدوائر المعقدة باستخدام فكرة المتغيرات ثنائية القيمة .

٢ - ٣ القواعد الأساسية للجبر البولي

(أ) أى كمية يمكن أن تأخذ واحدة من قيمتين إما أن تكون قيمتها « 1 » أو « 0 » . ولا يمكن أن تكون لها أى قيمة أخرى .

(ب) المعنى العادى لبعض الإشارات الرياضية يأخذ معنى مختلفاً تماماً .

$A.B$ تعنى « A و B » وليس A مضروباً في B .

$A + B$ تعنى « A أو B » وليس A مضافاً إلى B .

\bar{A} تعنى عكس A (أو مكمل A) .

(ج) إشارة التساوى (=) لها معنى جديد ويمكن تعريفها كما يلي :

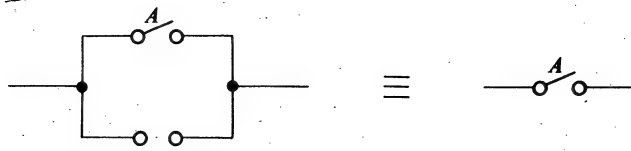
= تعنى أن الحرج قد أصبح له قيمة أو أن « المفتاح أصبح مقفولاً » .

٢ - ٣ قوانين المنطق

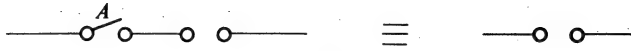
إن صحة عدد كبير من العبارات المنطقية بديهى ، بينما قد لا يكون بنفس الوضوح بالنسبة لعدد آخر منها . ومن الممكن اختبار صحة أية عبارة معينة بشرط أن تكون مكتوبة بدقة .

في طريقة التمثيل الثنائية نقول إن العبارة صحيحة بمعنى أنها متحققة لو كانت لها القيمة 1 . أما إذا كانت غير صحيحة فيكون لها القيمة « 0 » بمعنى أنها غير متحققة .

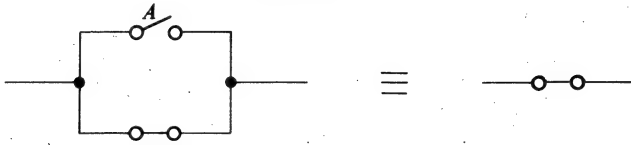
(١)



(a) $A + 0 = A$



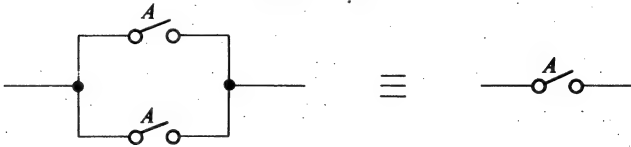
(b) $A \cdot 0 = 0$



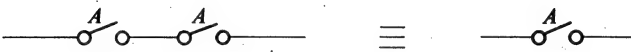
(c) $A + 1 = 1$



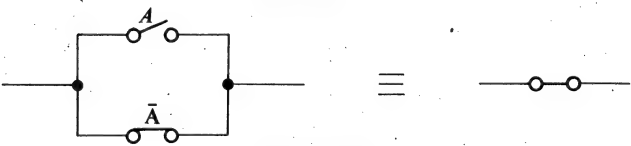
(d) $A \cdot 1 = A$



(e) $A + A = A$



(f) $A \cdot A = A$



(g) $A + \bar{A} = 1$



(h) $A \cdot \bar{A} = 0$

شكل ٢ - ١ قوانين المنطق

$$A+0 = A \quad (أ)$$

$$A.0 = 0 \quad (ب)$$

$$A+1 = 1 \quad (ج)$$

$$A.1 = A \quad (د)$$

$$A+A = A \quad (هـ)$$

$$A.A = A \quad (و)$$

$$A+\bar{A} = 1 \quad (ز)$$

$$A.\bar{A} = 0 \quad (ح)$$

$$\overline{A+B+C} = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C} \quad (ط)$$

$$\overline{A.B.C} = \bar{A}+\bar{B}+\bar{C} \quad (ي)$$

يمكن شرح الثمانية الأول من هذه القوانين بفحص مجموعة التحويلات المبينة بالشكل ٢ - ١ والتي يكون فيها المفتاح المفتوح عادة ميزاً بالرمز A والمفتاح المقفول عادة ميزاً بالرمز \bar{A} .

٢ - ٥ التنظيم الرمزي لعناصر النظم المنطقية

إن الرموز البيانية المستخدمة في الرسوم التخطيطية المنطقية تمثل عمليات فكر ، وهي بالتالي مستقلة عن الأدوات والعناصر المادية التي تستخدم لتنفيذ هذه النظم . وهذا يعنى أن هذه الرموز مشتركة ولا تتغير باختلاف طرق التنفيذ الممكنة . فيمكن استعمال نفس الرموز بغض النظر عن كون طريقة التنفيذ : إلكترونية ، بضغظ الهواء ، هيدروليكية أو ميكانيكية . . . إلخ . إلا أننا في هذا الكتاب نتعامل فقط مع الأجهزة الإلكترونية .

إذا كانت جميع خطوط الإشارة لها نفس طريقة التمثيل المادية ، وإذا كانت الإشارة ممثلة بمجهود كهربية (أو تيارات) فإنه إذا كان الجهد الأكبر يمثل دائماً الحالة « 1 » فإن هذا النظام يطلق عليه المنطق الموجب .

إذا كان الجهد الأقل يمثل دائماً الحالة « 1 » فإن النظام يطلق عليه المنطق السالب .

أما إذا كان الجهد الأكبر يمثل أحياناً بالحالة « 1 » والجهد الأقل يمثل أحياناً بالحالة « 1 » فإن النظام الناتج يستعمل المنطق المختلط .

٢ - ٦ بوابات المنطق الأساسية وجداول الحقيقة

(أ) بوابة « و » (AND) إن التمثيل الرمزي لبوابة « و » يبين بالشكل ٢ - ٢ (أ) فالخرج F يكون « 1 » عندما تكون الإشارات الداخلة عند C و B و A تساوى 1 . ويعطى جدول الحقيقة في الشكل ٢ - ٢ (ب) حالة الخرج بالنسبة لجميع التوافق الممكنة للمداخل .

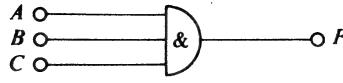
وعلى ذلك تكتب المعادلة البولية لدائرة « و » AND كالتالى :

$$F = A.B.C$$

(ب) بوابة « أو » (OR) يبين شكل ٢ - ٣ (أ) التمثيل الرمزي لبوابة « أو » . فالخرج F يكون « 1 » عندما تكون الإشارات الداخلة عند A أو B أو C أيها أو جميعها في الحالة « 1 » كما هو مبين في جدول الحقيقة في شكل ٢ - ٣ (ب) .

وعلى ذلك تكتب المعادلة البولية « أو » (OR) كالتالى :

$$F = A+B+C$$



(١)

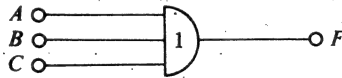
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(ب)

شكل ٢-٢ بوابة « و » (AND)

(أ) الرمز المنطقي (ب) جدول الحقيقة

(ج) بوابة النفي (NOT) : (عاكس أو عنصر نفي) يمثل شكل ٢-٤ (أ) الرمز المنطقي لبوابة النفي ، ويلاحظ أن الدائرة الصغيرة في الشكل تمثل عملية النفي . كما أن هناك رمزاً آخر لدائرة النفي مبيّن في شكل ٢-٤ (ب) . في هذه البوابة تكون إشارة الخرج ممثلة للحالة « 1 » عندما تكون الإشارة الداخلة « 0 » والعكس بالعكس (أي أن الخرج متمم أو مكمل للإشارة الداخلة) .



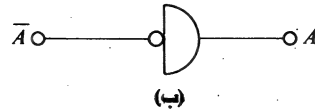
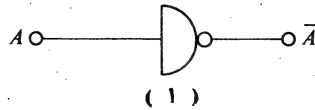
(١)

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(ب)

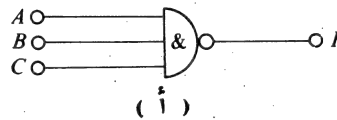
شكل ٢-٣ « أو » (OR)

(أ) الرمز المنطقي (ب) جدول الحقيقة



شكل ٢ - ٤ بوابة النفي (NOT)

(د) دائرة نفي « و » (NAND) (NOT - AND) يمثل شكل ٢ - ٥ (أ) - الرمز المنطق لهذه البوابة ، وفيها إشارة الخرج F تكون « 0 » عندما تكون الإشارات الداخلة A « و » B « و » C في الحالة « 1 » كما هو مبين في جدول الحقيقة في شكل ٢ - ٥ (ب) .



A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

(ب)

شكل ٢ - ٥ بوابة نفي « و » (NAND)

(أ) الرمز المنطق (ب) جدول الحقيقة

وعلى ذلك تكتب المعادلة البولية لبوابة نفي « و » كالتالي :

$$F = \overline{A \cdot B \cdot C}$$

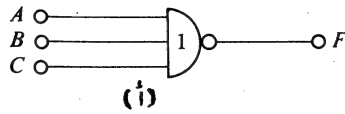
(هـ) بوابة نفي « أو » (NOR) (NOT-OR) يبين شكل ٢ - ٦ (أ) الرمز المنطق فيها الخرج F يكون « 0 »

عندما تكون واحدة أو أكثر من الإشارات الداخلة في الحالة « 1 » كما هو مبين في جدول الحقيقة شكل ٢ - ٦ (ب).

وعلى ذلك تكتب المعادلة البولية لبوابة نفي « أو » (NOR) كالتالي :

$$F = \overline{A + B + C}$$

ملحوظة : بوابة نفي « و » (NAND) التي تعمل على أساس المنطق الموجب تعمل كأنها بوابة نفي « أو » (NOR) بالمنطق السالب والعكس بالعكس . ويمكن للقارئ إثبات ذلك بمقارنة جداول الحقيقة .



A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

(ب)

شكل ٢ - ٦ - بوابة نفى « أو » (NOR)
(أ) الرمز المنطقي (ب) جدول الحقيقة

٢ - ٧ نظم الترقيم

(أ) النظام العشري : يستخدم فيه عشرة رموز لتمثيل الكميات من صفر إلى ٩ وعادة نسمى عدد الأرقام المستخدمة في النظام الأساس . ومن الواضح أنه في حالة النظام العشري يكون الأساس هو عشرة . ويمكن تكوين الأرقام الأخرى في النظام العشري للترقيم بإعطاء قيم مختلفة للمواضع المتغيرة للأرقام بالنسبة للعلامة العشرية ، وعموماً يكتب الرقم كالتالي :

$$R^2 \quad R^1 \quad R^0 \quad . \quad R^{-1} \quad R^{-2}$$

وبالنسبة للنظام العشري تكون :

$$10^2 \quad 10^1 \quad 10^0 \quad . \quad 10^{-1} \quad 10^{-2}$$

مثال :

$$\begin{aligned} 426_{10} &= 4 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 6 \times 10^0 \\ &= 400 + 20 + 6 \\ &= 426 \end{aligned}$$

(ب) النظام الثماني : يستخدم هذا النظام بكثرة في برمجة الحاسبات . ويمكن تحويله بسهولة للنظام الثنائي والعكس بالعكس . ويلاحظ أن النظام الثماني أسهل في الاستعمال من النظام الثنائي ، وذلك لقلة عدد الأرقام التي تستخدم لتمثيل أي قيمة في النظام الثماني عن النظام الثنائي .

في هذا النظام يكون الأساس 8 وقيمة المواضع المختلفة هي :

$$8^2 \quad 8^1 \quad 8^0 \quad . \quad 8^{-1} \quad 8^{-2}$$

$$\begin{aligned}
 426_8 &= 4 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 6 \times 8^0 \\
 &= 4 \times 64 + 2 \times 8 + 6 \times 1 \\
 &= 256 + 16 + 6 \\
 &= 278_{10}
 \end{aligned}$$

النظام العشري		النظام الثماني		النظام الثنائي				
المئات	الأحاد	الثمانيات	الأحاد	المئات	الثمانيات	الأربعات	الاثني عشر	الأحاد
10^1	10^0	8^1	8^0	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	0		0					0
	1		1					1
	2		2				1	0
	3		3				1	1
	4		4			1	0	0
	5		5			1	0	1
	6		6			1	1	0
	7		7			1	1	1
	8	1	0		1	0	0	0
	9	1	1		1	0	0	1
1	0	1	2		1	0	1	0
1	1	1	3		1	0	1	1
1	2	1	4		1	1	0	0
1	3	1	5		1	1	0	1
1	4	1	6		1	1	1	0
1	5	1	7		1	1	1	1
1	6	2	0	1	0	0	0	0
1	7	2	1	1	0	0	0	1
1	8	2	2	1	0	0	1	0
1	9	2	3	1	0	0	1	1
2	0	2	4	1	0	1	0	0
2	1	2	5	1	0	1	0	1
2	2	2	6	1	0	1	1	0
2	3	2	7	1	0	1	1	1
2	4	3	0	1	1	0	0	0
2	5	3	1	1	1	0	0	1

شكل ٢ - ٧ مقارنة بين نظم الترقيم

(ج) النظام الثنائي : يستخدم بكثرة هذا النظام في المنطق والحسابات . وأساسه هو الرقم 2 وقيمة المواضع المختلفة هي :

$$2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \quad . \quad 2^{-1} \quad 2^{-2} \quad 2^{-3}$$

وتوجد قواعد مختلفة لإجراء عمليات الجمع ، الطرح ، الضرب والقسمة . كما توجد طرق للتحويل بين أى نظام ترقيم والنظم الأخرى للترقيم وستناقش بعض هذه الطرق في الفصل الثامن .

يبين شكل ٢ - ٧ مقارنة بين نظم الترقيم التي تم شرحها .

(د) النظام السداسي عشر : يستخدم بكثرة في نظم عرض الحروف والأرقام كما يستخدم في الحسابات الدقيقة .

ويستعمل في هذا النظام أربعة مواضع ثنائية لتمثيل الأرقام من 0 إلى 9 باستخدام الأسلوب المعتاد وتمثل الأرقام من 10 إلى 15 بالحروف الهجائية من A إلى F . كما هو مبين بالشكل ٢ - ٨ .

النظام العشري	النظام الثنائي	النظام السداسي عشر
0	0 0 0 0	0
1	0 0 0 1	1
2	0 0 1 0	2
3	0 0 1 1	3
4	0 1 0 0	4
5	0 1 0 1	5
6	0 1 1 0	6
7	0 1 1 1	7
8	1 0 0 0	8
9	1 0 0 1	9
10	1 0 1 0	A
11	1 0 1 1	B
12	1 1 0 0	C
13	1 1 0 1	D
14	1 1 1 0	E
15	1 1 1 1	F

شكل ٢ - ٨ نظام الترقيم السداسي عشر

ويمكن تكون الأرقام الأكبر من 15 باستخدام مجموعة من أربعة مواضع ثنائية لكل رقم سداسي عشر ، وكذلك فإن 0111 1001 تمثل الرقم 79 . وبالمثل فإن الستة عشر موضعاً ثنائياً 1011 0110 1101 1111 تمثل الرقم السداسي عشر B6DF . وعلى ذلك فإن هذا النظام مفيد في تفسيره .

الفصل الثالث

الدوائر المنطقية المتكاملة

٣ - ١ مقدمة

تطورت الدوائر الإلكترونية المنطقية خلال عدة مراحل . كان أولاها بوابات « و » (AND) وبوابات « أو » (OR) المصنعة من النبائط الثنائية (Diode) وأسفر التقدم السريع في تكنولوجيا أشباه الموصلات عن ظهور دوائر إلكترونية مختلفة من النوع النشط . في المراحل الأولى كانت عناصر الدوائر المنطقية المصنعة كدوائر متكاملة عبارة عن تكرار أو « نقل مباشر » للدوائر المصنعة من عناصر منفصلة . في هذه المرحلة كانت الدوائر الإلكترونية تتركب من مجموعة من رقائق السيليكون تتصل ببعضها بمجموعة من الأسلاك . تغيرت بعد ذلك طرق تصميم الدوائر بحيث تلائم تكنولوجيا تصنيع الدوائر المتكاملة ، والتقدم الملحوظ في طريقة تركيبها وبنائها . لذلك ظهرت تصميمات جديدة للدوائر المنطقية بدلا من أن تكون تكراراً للنماذج المبنية من وحدات منفصلة . تبين بعد ذلك أن درجة تعقيد الدوائر لا تمثل عائقاً لعمليات التصنيع المختلفة وتم بذلك إنتاج دوائر شديدة التعقيد وذات كفاءة عالية في نفس الوقت .

٣ - ٢ اختيار نوع الدوائر المنطقية

عند اختيارنا لنوع من أنواع الدوائر المنطقية فإننا نناقش العوامل التالية :

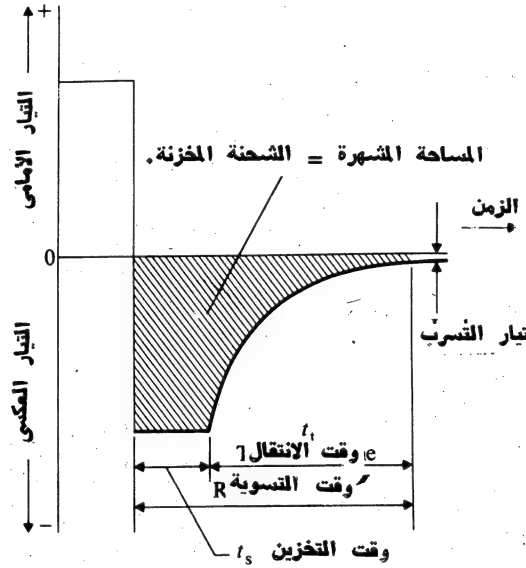
- (أ) سرعة التشغيل .
- (ب) المناعة ضد الضوضاء .
- (ج) استهلاك الطاقة .
- (د) درجات حرارة التشغيل المتوقعة .
- (هـ) نوع التغليف .
- (و) التكلفة .
- (ز) توافر الدوائر .

ولا توجد أى أهمية لترتيب هذه العوامل بالنسبة لبعضها البعض ولكن عند اعتبار تطبيق معين يملئ التطبيق نفسه الترتيب الذى يجب أن تؤخذ به هذه العوامل .

٣ - ٣ سرعة التشغيل

تعرف سرعة تشغيل البوابة المنطقية بأنها الوقت اللازم لانتشار الإشارة المنطقية من المدخل خلال البوابة وحتى الخرج . ويمكن دراسة واحد من العوامل التى تؤثر في زمن الانتشار بالنظر إلى ما يحدث للنبطة الثنائية عند وضع

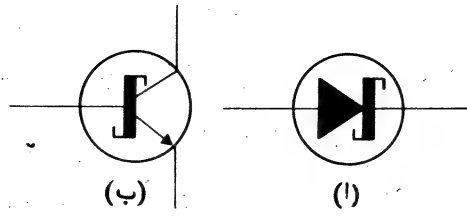
جهد في الاتجاه الأمامي ، وتغيير هذا الجهد فجأة ليصبح جهداً في الاتجاه العكسي . لا يتم انخفاض قيمة التيار المار في النبيلة إلى صفر ، أو إلى قيمة تيار التسرب العكسي في نفس لحظة عكس الجهد المؤثر على النبيلة الشائبة وذلك لأن حاملات الشحنة لابد أن تتحد أولاً مع الذرات وتحتفي الشحنات الحرة . خلال هذه الفترة تمر نبضة من التيار العكسي كما هو مبين في شكل ٣ - ١ . وتتم فترة زمنية محدودة حتى يتضامل التيار العكسي إلى قيمة تيار التسرب العكسي . وفي خلال هذه الفترة الزمنية يتسبب التيار العكسي في تخزين شحنة في وصلة النبيلة بذلك تبعد حاملات الشحنة الحرة من وصلة النبيلة (زمن التخزين) . وعند إتمام ذلك يبدأ التيار العكسي في التضاؤل تدريجياً لتصبح قيمته النهائية مساوية لتيار التسرب العكسي (زمن الانتقال) . ويمثل الزمن الكلي (زمن التسوية) مدة تأخير انتشار الإشارة المحولة بالنبيلة الشائبة .



شكل ٣ - ١ تخزين الشحنة في النبيلة الشائبة

أدت جهود الباحثين الموجهة لتحسين أداء النبايط ثنائية القطبية المستخدمة في دوائر التحويل إلى ظهور نبيلة شوتكي الثنائية - ولا يعتمد التيار في هذه النبيلة على حاملات شحنات الأقلية لأنها مركبة من معدن وشبه موصل من نوع n . هذه الطريقة تم توفير الجزء الأكبر من زمن تخزين الشحنة كذلك أصبح من الممكن تشغيل هذا النوع الجديد من النبايط (سواء النبايط الثنائية أو الترانزستورات) بحيث يكون زمن الانتشار صغيراً جداً (في حدود أجزاء من 10^{-9} من الثانية) . وبين شكل ٣ - ٢ - الرموز المستخدمة في رسم كل من النبايط الثنائية والترانزستورات التي تستخدم وصلات شوتكي .

تعمل بعض الأجهزة الرقمية بمعدل بطيء بحيث يكون من المقبول حدوث تأخير في زمن انتشار الإشارات في حدود واحد من ألف في الثانية (1 ms) وخصوصاً في نظم التحكم في آلات التصنيع . لكن الحاسبات الرقمية المتقدمة تتطلب زمن انتشار في حدود جزء من ألف مليون جزء من الثانية (1 ns) . ويتراوح زمن الانتشار في معظم أنواع الدوائر المتكاملة (IC) المصنعة الآن بين (جزءين إلى مائة جزء) من ألف مليون جزء من الثانية (100 ns - 2ns)



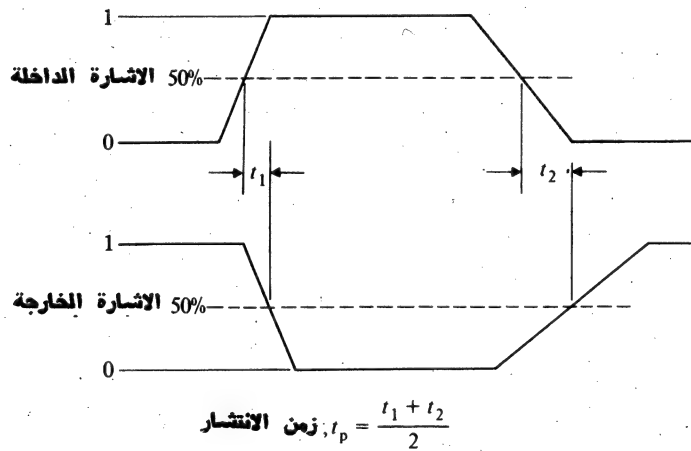
شكل ٣ - ٢ - رموز تستخدم في رسم نبائط شوتكي

(١) نبطية شوتكي الثنائية

(ب) ترانزستور شوتكي

خواص التحويل في الدوائر المتكاملة (IC's) غير مماثلة بحيث يختلف الزمن اللازم لانتقال التغيير في الإشارة المؤثرة على المدخل من قيمة منطقية عالية إلى قيمة منطقية منخفضة عن الزمن اللازم إذا كان التغيير في الإشارة من قيمة منطقية منخفضة إلى قيمة منطقية عالية . وتسمى القيم المنطقية (المستويات المنطقية) التي تتأثر بها الدوائر المنطقية بقيم الحدود (مستويات الحدود) . وتنص المواصفات عادة على أصغر حد للقيمة العالية وأكبر حد للقيمة المنخفضة ويعرف زمن الانتشار ، عادة ، بأنه المتوسط الحسابي لزمن الانتشار (زمن انتشار تغيير إشارة المدخل من عال إلى منخفض وزمن انتشار تغيير إشارة المدخل من منخفض إلى عال) . يبين شكل ٣ - ٣ زمن انتشار دائرة عاكسة ويتحدد زمن الانتشار في كل حالة عند ٥٠ ٪ من مستويات الإشارة المستخدمة .

تؤثر السعات الشاردة والمتصلة بخرج البوابة تأثيراً ملموساً على زمن الانتشار . والأزمنة السابق ذكرها تفترض وجود مكثفات في الخرج في حدود من 15 PF إلى 30 PF .



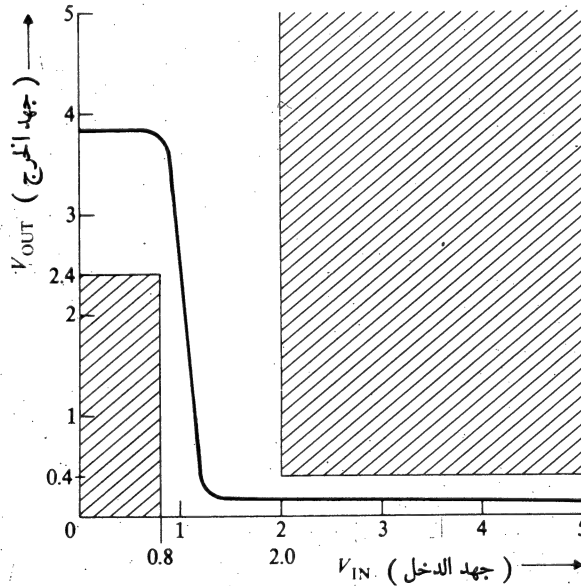
شكل ٣ - ٣ زمن الانتشار في دائرة عاكسة (NOT)

٣ - ٤ المناعة ضد الضوضاء

تسمى الجهود العشوائية التي تتكون (تولد) في مسارات الإشارات بالضوضاء. ومن الممكن أن يتسبب ظهور هذا النوع من الضوضاء في تحويل خاطيء للدوائر المنطقية. وعادة تتولد أيضاً ضوضاء داخل النظام الإلكتروني بسبب الشوشرة المتبادلة بين خطوط سير الإشارات ويراعى في تصميم البوابات المنطقية أن تكون لها مناعة ذاتية ضد هذا النوع من الضوضاء وتعرف هذه المناعة بتصنيف مستويات حدية للإشارات. فمثلاً يعرف حد الضوضاء المنخفض بأنه الفرق بين أعلى قيمة للجهد المنخفض في الخرج وأصغر قيمة لحد الجهد المنخفض المؤثر على المدخل. كما يعرف حد الضوضاء المرتفع بأنه الفرق بين أصغر قيمة للجهد المرتفع في الخرج وأعلى قيمة لحد الجهد المرتفع المؤثر على المدخل. وغالباً ما يكتب أصغر الحدين في المواصفات كحد للمناعة ضد الضوضاء. لذلك :

يمكننا الآن تعريف المناعة ضد الضوضاء بأنها درجة احتمال البوابة لحدوث تغييرات في مستويات الإشارة الداخلة بدون حدوث تغيير ملحوظ في حالة الخرج. وبذلك يكون حد الضوضاء من نوع $d.c$ هو الفرق بين جهد الخرج وحد جهد الدخل.

دعنا الآن نتفهم المناعة ضد الضوضاء وحدود أمان المناعة ضد الضوضاء بالنظر إلى بوابة نفي «و» (NAND) من نوع ال TTL. ويبين شكل ٣ - ٤ العلاقة بين جهد المدخل وجهد الخرج لهذه البوابة حيث تمثل المساحات المهيشرة قيماً للجهود تمنع المواصفات وصول جهود المداخل والخرج لها. ويمكن التعبير عن هذه المساحات بالقول بأن جهد خرج البوابة سيكون أقل من 0.4V في الحالة المنطقية «0» وسيكون أعلى من 2.4V في الحالة المنطقية «1» تبعاً لمواصفات البوابة. كما تكون حدود الانتقال بين 0.8V و 2.0V.



شكل ٣ - ٤ - العلاقة بين الدخل والخرج لبوابة نفي «و» (NAND) من نوع ال TTL

بذلك يمكن حساب حدود الأمان ضد الضوضاء في « و » (NAND) من نوع الـ TTL كما يلي :

$$\text{حد الأمان ضد الضوضاء في الحالة 0 هو : } 0.8 - 0.4 = 0.4V$$

$$\text{حد الأمان ضد الضوضاء في الحالة 1 هو : } 2.4 - 2.0 = 0.4V$$

$$\therefore \text{ حد الأمان المضمون في المواصفات ضد الضوضاء } = 0.4V$$

$$400 \text{ mV} =$$

٣ - ٥ عدد المداخل وعدد تفرعات الخرج

يعرف عدد المداخل للبوابة المنطقية بأنه أكبر عدد من المداخل المختلفة التي يمكن توصيلها على البوابة المنطقية رغم وجود دوائر خاصة تستخدم لزيادة عدد الإشارات الممكن توصيلها على مداخل البوابة المنطقية ، إلا أن أقصى عدد من المداخل للبوابة يتحدد عادة بزم انتشار الإشارة خلال البوابة .

ويعرف عدد تفرعات الخرج للبوابة المنطقية بأنه أكبر عدد من البوابات التي يمكن إمدادها بالإشارة المتولدة على خرج البوابة بدون أن يتسبب ذلك في تغيير قيمة الجهد الخارج عن المواصفات .

٣ - ٦ استهلاك الطاقة

تحدد احتياجات الدوائر المنطقية من التيار الكهربائي بمواصفات استهلاكها للطاقة . وتتغير قيمة التيار المسحوب من المنبع تبعاً للحالة المنطقية لخرج الدائرة . فتسحب البوابة تياراً معيناً عندما يكون الخرج في الحالة المنطقية 1 وتياراً آخر في الحالة المنطقية « 0 » وعادة يكتب في المواصفات متوسط قيمة هذين التيارين .

تستهلك الدوائر الأسرع كمية أكبر من الطاقة إذ أن المقاومات المستخدمة في تصميمها تكون أصغر في القيمة في الدوائر العادية . علاوة على ذلك خلال عمليات التحويل الأسرع تسحب السعات الشاردة تيارات أعلى . ويعمل معظم أنواع الدوائر المتكاملة (IC) . بجهد تغذية في حدود 5V وتستهلك طاقة في حدود 1mW إلى 100 mW لكل بوابة .

٣ - ٧ مدى درجات حرارة التشغيل

يعرف مدى درجات حرارة التشغيل بأنه درجات حرارة الجو المحيط بالبيئة والتي يمكن أن تعمل فيه بكفاءة وفي حدود مواصفاتها . وهناك نطاقان قياسييان لدرجات حرارة الدوائر المتكاملة أولهما نطاق درجات الحرارة للاستخدامات العسكرية (من -55°C إلى 125°C) والآخر يسمى نطاق درجات الحرارة للاستخدامات التجارية (من 0°C إلى 70°C) وتصنع الدوائر للعمل في واحد من هذين النطاقين إلا أن ذلك لا يمنع أن هناك بعض أنواع الدوائر مصممة لتعمل في نطاقات محددة أخرى لدرجات الحرارة .

٣ - ٨ أنواع الدوائر المنطقية

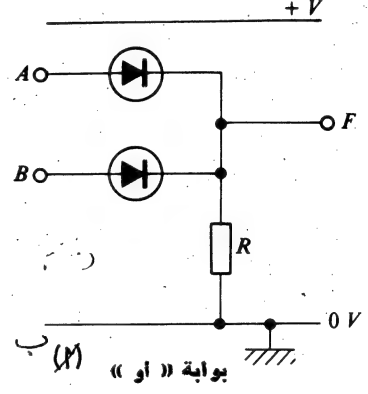
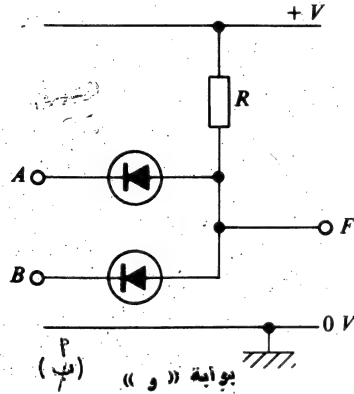
تقوم مصانع الدوائر المتكاملة بعمل تصميمات مختلفة وجديدة بدون التقيد بأي مواصفات قياسية . وأدى هذا إلى ظهور أنواع جديدة ومختلفة للدوائر المنطقية . وانتشرت أنواع معينة منها وأصبحت أكثر شيوعاً وينتجها معظم المصانع .

عادة يتم تصنيف أنواع الدوائر المنطقية المتكاملة تبعاً لشكل دائرة البوابة الأساسية وهذه الأنواع هي :

- (أ) دوائر منطق المقاومة - الترانزستور من نوع (RTL)
- (ب) دوائر منطق النبيلة الثنائية - الترانزستور (DTL)
- (ج) دوائر منطق ترانزستور - ترانزستور . (TTL)
- (د) دوائر منطق ترتبط عن طريق المرسل (ECL)
- (هـ) دوائر منطق تستخدم ترانزستور . (CMOS)

٣ - ٩ دوائر منطق النبيلة الثنائية والمقاومة

(أ) بوابة « و » (AND) باستخدام النبيلة الثنائية في شكل ٣ - هـ (أ) عندما تكون أى من الإشارات الداخلة عند A أو B أو كليهما قيمتها المنطقية « 0 » (0 V) .



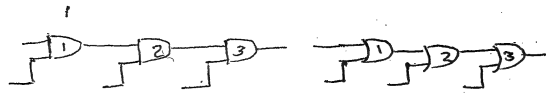
شكل ٣ - هـ دوائر منطق النبيلة الثنائية والمقاومة (DRL)

تكون النبائط الثنائية المؤثرة عليها هذه الإشارات موصلة في الاتجاه الأمامى وبالتالي يمر بها تيار أمامى . يسبب هذا التيار حدوث فرق جهد على المقاومة R بحيث تكون قيمة الإشارة الخارجة عند F صغيرة (القيمة المنطقية 0) . إلا أن قيمة هذه الإشارة لا تكون 0 V ، ولكنها في الواقع تساوى فرق الجهد الموجود على النبيلة الثنائية عند توصيلها للتيار في الاتجاه الأمامى ، أى يساوى 0.7 V للنبيلة من السيليكون و 0.3 V للنبيلة من الجرمانيوم .

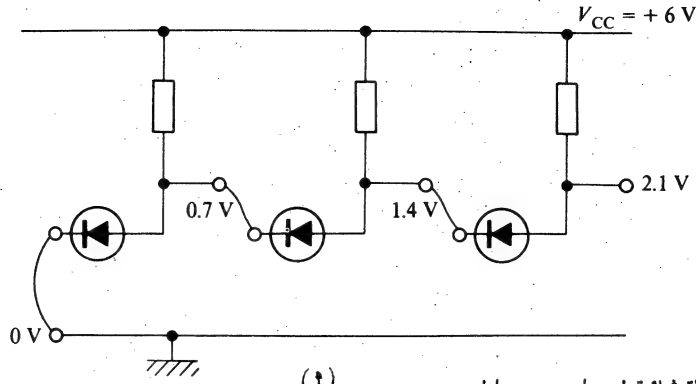
لنفرض الآن أن كلا من الإشارتين الداخلتين على A « و » B في الحالة المنطقية « 1 » (+ V volts) وفي هذه الحالة فكلا من النبيلتين الثنائيتين تكون واقعة تحت فرق جهد عكسى وبذا لا تسمح كل منهما بمرور تيار (إلا تيار التسرب الصغير جداً) . بذلك لا يمر أى تيار في المقاومة R وتكون قيمة جهد الخرج F مساوية + V وهى قيمة جهد المنبع المغذى للدائرة وتكون الإشارة الخارجة لها القيمة المنطقية « 1 » .

(ب) بوابة « أو » (OR) باستخدام النبيلة الثنائية . في شكل ٣ - هـ (ب) عندما يكون كل من الإشارتين المؤثرتين على A و B قيمتهما المنطقية « 0 » (0 V) تكون كل من النبيلتين الثنائيتين في الاتجاه العكسى ولا يمر أى تيار وتكون الإشارة عند الخرج F قيمتها المنطقية 0 (0 V) .

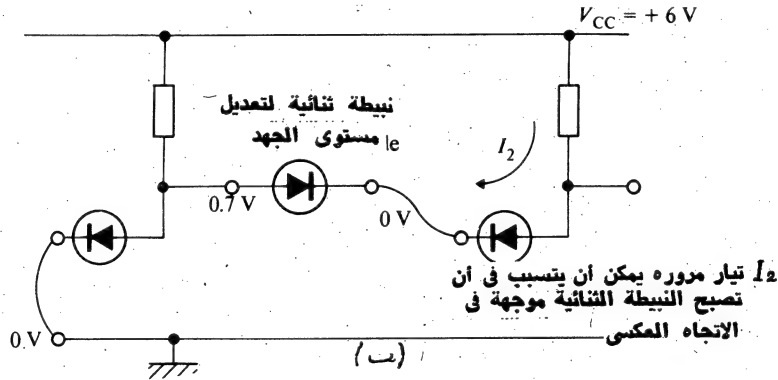
في حالة ما يكون أى من الإشارات الداخلة على B « أو » A أو كليهما في الحالة المنطقية 1 (+ V volts) تصبح النبيلة الثنائية المتصلة بهذه الإشارة في الاتجاه الأمامى ويمر تيار في المقاومة R وتكون الإشارة المنطقية على



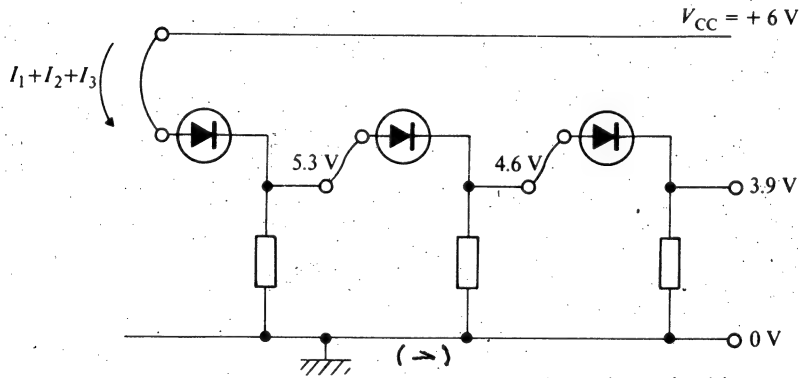
* هذا الكلام
يلحق فقط على
البوابات المتكاملة
من دوائر وسواها



(أ) نبیطة ثنائية لتعديل مستوى الجهد .



(ب)



(ج)

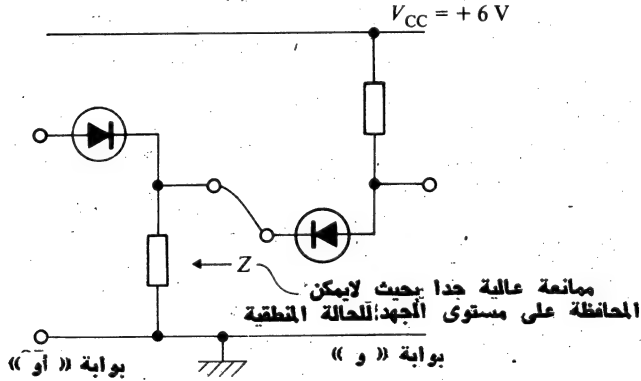
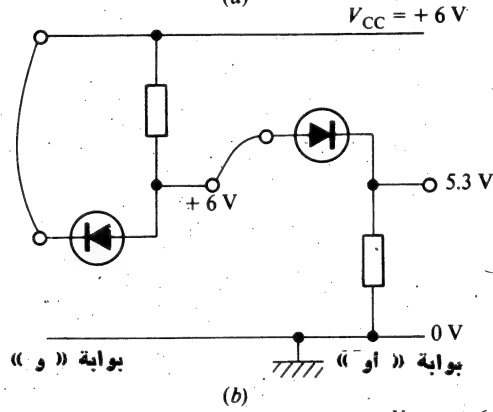
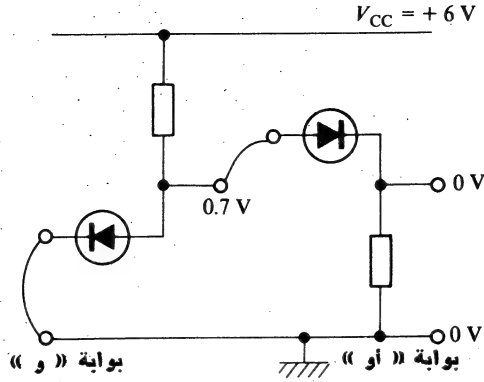
شكل ٣ - ٦ بوابات الناباط الثنائية المتتابة .

(أ) بوابات « و » (AND) المتتابة .

(ب) بوابة « و » (AND) مع نبیطة ثنائية معدلة للجهد .

(ج) بوابات « أو » (OR) المتتابة .

* هذا الكلا ٣ يهدف فقط على البوابات التي تتكون من دايودات و مقاروم



شكل ٣-٧ تغذية بوابات نبائط ثنائية .

(١) بوابة « و » تغذى بوابة « او » .

(ب) بوابة « و » تغذى بوابة « او » في الحالة المنطقية

(ج) بوابة « او » لا يمكن تغذيتها ببوابة « و » .

V_F معناها هنا سقوط الجهد عندما يكون الجهد المطبق على الدايود هو الاتجاه العكسي

الخرج F في الحالة المنطقية "1". ويلاحظ أن قيمة جهد الإشارة المنطقية "1" تساوي $(+V - V_F)$ volts وذلك تكون $(V - 0.7)$ volt للنبائط المصنوعة من السيليكون وتكون $(V - 0.3)$ volts للنبائط الجرمانيوم .

٣ - ١٠ بوابات متتابعة بالنبائط الثنائية

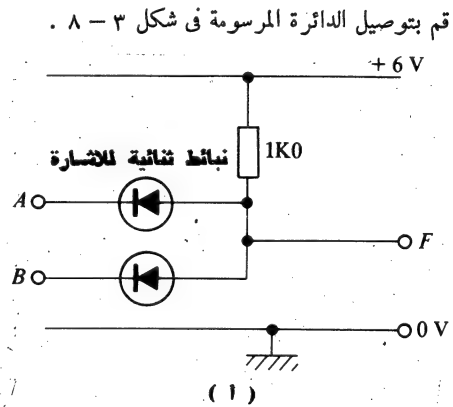
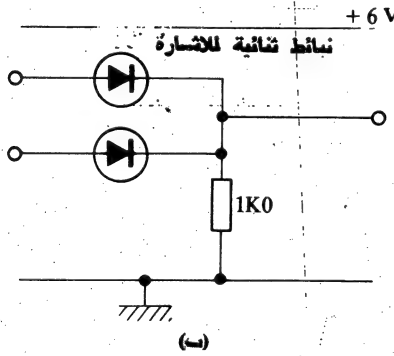
عندما وضع مجموعة متتابعة من بوابات «و» (AND) فإن كل نبيلة ثنائية تستهلك جزءاً من الجهد بحيث أن مجموع الجهود المستهلكة على النبائط المتتابعة تجعل الإشارة عند الخرج غير صحيحة كما هو مبين في شكل ٣-٦ (أ) ويتم في بعض الحالات توصيل نبيلة ثنائية لتصحيح فرق الجهد المستهلك كما هو مبين في شكل ٣-٦ (ب) ، إلا أنه في هذه الحالات لا يمكن توصيل أى بوابات أخرى من نوع «و» للخرج لأن التيار المار في النبيلة الثنائية للبوابة المضافة (في الحالة المنطقية ذات الجهد المنخفض) سيمر أيضاً في النبيلة الثنائية المستخدمة لتعديل الجهد مما سيؤدي إلى توجيه هذه النبيلة في الاتجاه العكسي كما هو مبين في شكل ٣-٦ (ب) .

عند توصيل بوابات «أو» (OR) في تتابع تنخفض الإشارة المثلة للقيمة المنطقية "1" في كل مرحلة بما يساوي فرق الجهد الواقع على النبيلة الثنائية الموصلة في الاتجاه العكسي ولذلك يجب التأكد من أن مصدر الإشارة الداخلة على أول المجموعة قادر على تغذية التيار لكل البوابات المتتابعة كما هو مبين في شكل ٣-٦ (ج) .

ويمكن استخدام بوابات «و» لتغذية بوابات «أو» كما هو مبين في شكل ٣-٧ (أ) ، (ب) ولكن لا يمكن لبوابات «أو» أن تغذي بوابات «و» ذلك بسبب أن ممانعة بوابة «أو» في الحالة المنطقية "0" تكون صغيرة بحيث لا يمكن المحافظة على مستوى الجهد المطلوب . كما هو مبين في شكل ٣-٧ (ج) .

تمرين على ٣ (أ) :

بوابات منطقية نبيلة ثنائية ومقاومة



٣-٨ (أ) بوابة «و» AND بالنبيلة الثنائية
(ب) بوابة «أو» OR بالنبيلة الثنائية

قم بتغذية المداخل بكل توافقيات الإشارات الممكنة على A و B واستنتج جدول الحقيقة لكل من البوابتين واختبر صفات جهد الإشارات المنطقية "1"، "0" عند الخرج F في كل حالة .

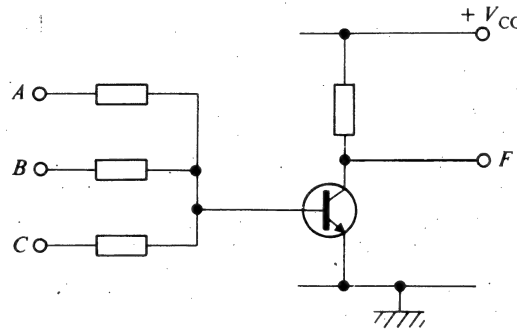
اختبر تأثير تحميل خرج كل بوابة بعدد آخر من البوابات لتحديد أقصى عدد ممكن توصيله على البوابة (حوالي ٦ بوابات في حالة استخدام نبائط مصنوعة من السيليكون) .

اختبر الدوائر المرسومة في شكل ٣ - ٧ بتوصيلها لتحديد إمكانيات تحميل كل من هذه البوابات .

٣ - ١١ بوابات منطق المقاومة - الترانزستور (RTL)

هو أول نوع من الدوائر المنطقية تم تصنيعه في صورة دائرة متكاملة ويرجع ذلك لأن المصانع في المراحل الأولى من تصنيع الدوائر المتكاملة كانت بطبيعة الحال تميل إلى استخدام نفس تصميمات الدوائر المعروفة ذات الوحدات المنفصلة . يبين شكل ٣ - ٩ بوابة نفي «أو» (NOR) بسيطة من نوع (RTL) .

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0



شكل ٣ - ٩ بوابة نفي «أو» (NOR) من نوع (RTL) .

من المفضل دائماً أن نحاول تقليل عدد وقيمة العناصر الغير نشطة (المقاومات والملفات والمكثفات) في الدوائر التي يتم تصنيعها على صورة دوائر متكاملة وذلك لصعوبة عمليات التصنيع . بالنظر إلى الدوائر من نوع RTL نلاحظ أن الدائرة تحتوي على عدد كبير من المقاومات بالمقارنة بعدد الترانزستورات مما يسبب صعوبة تصنيعها كدائرة متكاملة (IC) . ويمكن أيضاً أن نذكر عدداً آخر من عيوب الدوائر من نوع (RTL) منها أن منعابها المنخفضة للضوضاء (تكون عادة في حدود 300 mV وقلة عدد البوابات الممكن تغذيتها منها . إلا أن بوابات RTL تتميز بسرعة عملية التحويل (زمن انتشار صغير) بالنسبة للطاقة المستهلكة فزمن التحويل يتراوح من 12 إلى 40 ns عندما تكون الطاقة المستهلكة بين 2 و 20 mW للبوابة الواحدة . وتستخدم دوائر (RTL) المتكاملة كوحدات أساسية في نظم Mullard NORBIT التي يكثر استخدامها في نظم التحكم الصناعي وتركب على هيئة نظم مغلطة من دوائر متكاملة ووحدات منفصلة .

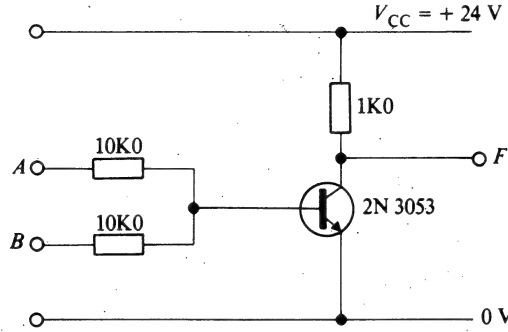
تمرين عمل (٣ ب) :

بوابة RTL مصنعة من وحدات منفصلة

قم بتوصيل الدائرة المرسومة في شكل ٣ - ١٠ باستخدام وحدات منفصلة . ثم غدها بكل توافقيات الإشارات الممكنة على مداخل البوابة واستنتج جدول الحقيقة . واختبر أيضاً صفات جهد كل من الإشارة المنطقية "1" والإشارة المنطقية "0" عند الخرج F .

قم بقياس حجم الـ D.U (وحدة التحميل) للتيار بالمكونات الموجودة بالشكل .

اختبر تأثير تحميل الخرج بعدد من البوابات التي يمكن تغذيتها من هذه البوابة . وحدد عدد المراحل التي يمكن تغذيتها من هذه البوابة إذا كان أقل جهد مسموح به للإشارة المنطقية "1" هو 18 V .



$L = \text{logic}$
 $R = \text{Resistor}$
 $T = \text{Transistor}$

شكل ٣ - ١٠ بوابة نفي «أو» من نوع RTL مصنعة من وحدات منفصلة

حدد كيف يمكن زيادة عدد البوابات الممكن تغذيتها عن طريق الخرج F ؟
 ملحوظة : إذا كانت المقاومات الموصلة على المدخل تساوي 10 kΩ يكون تيار التغذية كافياً لدخول الترانزستور في حالة تشبع ($V_{CE} = 0.2V$ للترانزستور المصنوع من مادة السيليكون) .

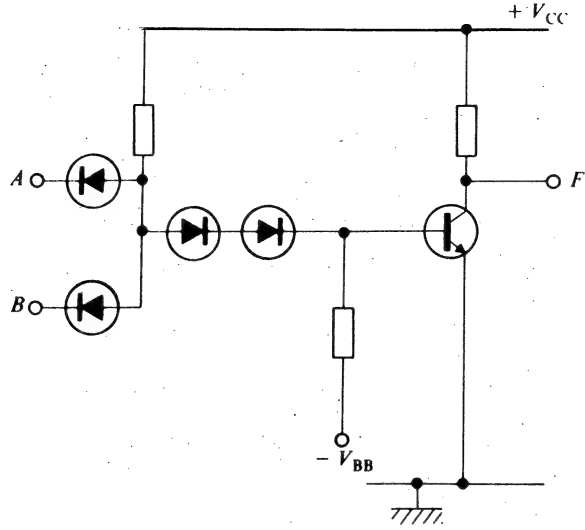
عندما تغذى هذه البوابة بوابات ماثلة يكون حمل التغذية هو 10 kΩ على التوالي مع الوصلة قاعدة - مرسل (حوالي 1 kΩ) للترانزستور المغذى . فإذا كان هناك أكثر من بوابة محملة على الخرج F فإن جميعها يمكن تمثيلها بمجموعة من المقاومات الموصلة على التوازي كل منها 10 kΩ . كل حمل من هذه البوابات يسحب تيار تغذية من المنبع بحيث أن جميع التيارات المسحوبة لابد أن تمر في المقاومة 1 kΩ الوصلة بين المنبع (24 V) ومجمع الترانزستور . ويجب أن لا يزيد التيار المار في هذه المقاومة عن 6mA ($6 \text{ mA} \times 1 \text{ k}\Omega = 6 \text{ V}$) حتى لا يقل الجهد الممثل للحالة المنطقية "1" عن 18V وهذا يعني أن هناك حداً أقصى لعدد البوابات الممكن تغذيتها من الخرج F .

يمكن تحديد أقل تيار تغذية للقاعدة يكفي لوضع الترانزستور في حالة تشبع وذلك بقياس تيار التغذية مع تغيير المقاومة الموصلة في المدخل بتوصيل مقاومة متغيرة 1 MΩ على التوالي مع مقاومة المدخل 10 KΩ . فإذا أمكن تعديل الدوائر كلها بزيادة المقاومات بحيث تسحب كل بوابة أقل تيار تغذية لأمكن زيادة الحد الأقصى لعدد البوابات (عدد تفرعات الخرج) التي يتم توصيلها على الخرج F .

٣ - ١٢ بوابات منطق النبيلة الثنائية - الترانزستور (DTL)

تمثل هذه البوابات النوع الأول الذي نجحت فيه الدوائر المتكاملة ولا يزال مستخدماً حتى اليوم .

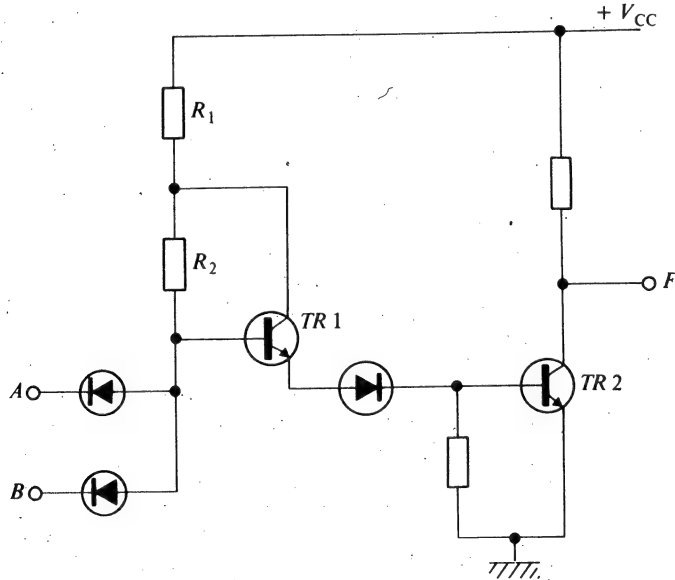
يبين شكل ٣ - ١١ بوابة نفي «و» NAND بسيطة . يلاحظ أن الجزء الأول عبارة عن بوابة «و» مصنعة باستخدام النباط الثنائية ثم تستخدم اثنتين من النباط الثنائية موصلتين على التوالي لتصحيح الجهد ثم ترانزستور لتقوية الإشارة وعكسها .



شكل ٣-١١ بوابة نفي «و» (NAND) من نوع (DTL)

يمكن تعديل البوابة المرسومة في شكل ٣-١١ بتوصيل ترانزستور إضافي لتقليل استهلاك الطاقة وزيادة عدد البوابات الممكن تغذيتها منها كما هو مبين في شكل ٣-١٢ .

عندما تكون جميع الإشارات الداخلة لها القيمة المنطقية "1" تكون النبائط الثنائية في المداخل موجهة في الاتجاه العكسي ويمر تيار في المقاومات R_1 و R_2 بحيث يصبح الترانزستور TR 1 في حالة تشبع .



شكل ٣-١٢ بوابة نفي «و» (NAND) من نوع DTL ثم تحسينها باستخدام ترانزستور إضافي

بذلك يغذى الترانزستور TR 1 والترانزستور TR 2 وتصبح الإشارة عند الخرج F في الحالة المنطقية 0 .

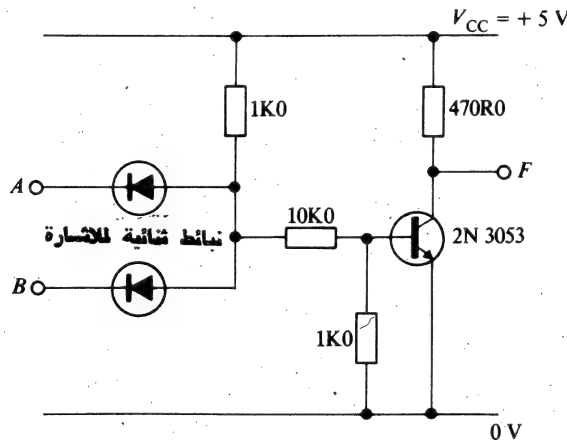
عندما تكون أى من الإشارتين أو كليهما في الحالة المنطقية "0" يتحول التيار المار في R1 و R2 من الترانزستور TR 1 إلى النبيلة الثنائية وبذلك يصبح الترانزستور TR1 و TR 2 في حالة قطع وتكون الإشارة عند نقطة الخرج F في الحالة المنطقية "1" وبذلك تتحقق الدالة المنطقية نفي « و » (NAND) .

في دوائر (DTL) يكون زمن الانتشار في حدود 25 ns وتستهلك طاقة بين 5 mW و 10 mW لكل بوابة . ويمكن أيضاً تغذية من 8 إلى 10 بوابات بواسطة بوابة من نوع DTL . أما مناعتها ضد الضوضاء فتساوى تقريباً . ويمكن تصنيع دوائر من نوع DTL تستهلك طاقة في حدود من 1 mW إلى 2 mW للبوابة الواحدة ولها مناعة ضد الضوضاء عالية (5 V تقريباً) وزمن انتشار الإشارة يتراوح من 50 إلى 60 ns .

تمرين على ٣ (ج) :

بوابة DTL مصنعة من مكونات منفصلة

قم بتوصيل الدائرة المرسومة في شكل ٣ - ١٣ باستخدام مكونات منفصلة .



شكل ٣ - ١٣ بوابة نفي « و » من نوع (DTL) مصنعة من مكونات منفصلة

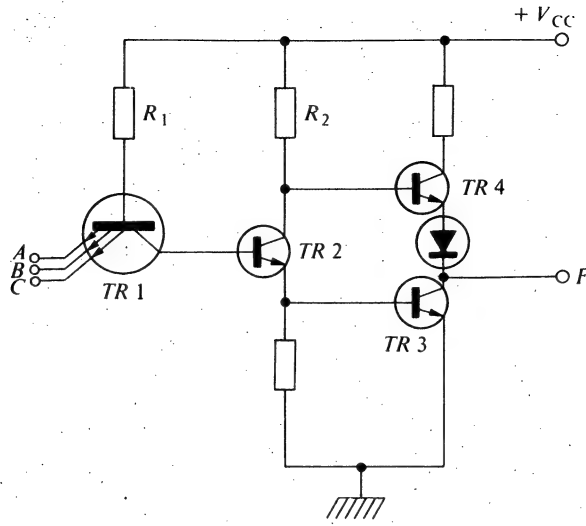
قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الداخلة واستنتج جدول الحقيقة للبوابة المرسومة .

اختبر قيمة جهد القيم المنطقية "1" و "0" .

اختبر تأثير تحميل الخرج ببوابات أخرى .

٣ - ١٣ بوابات منطق الترانزستور - الترانزستور (TTL)

كان التطور الطبيعي لدوائر DTL هو ظهور بوابات منطقية من نوع TTL التي استبدلت فيها النبائط الثنائية في المداخل بوصلة مرسل - قاعدة لترانزستور له أكثر من مرسل كما هو مبين في شكل ٣ - ١٤ .



شكل ٣-١٤ بوابة نفي «و» من نوع TTL

ساعد على انتشار هذا النوع من الدوائر المنطقية سهولة تصنيع ترانزستور له أكثر من مرسل باستخدام الدوائر المتكاملة . وعندما تكون جميع الإشارات الداخلة لها القيمة المنطقية "1" تكون الوصلة بين المرسل والقاعدة موجهة في الاتجاه العكسي ويمر تيار في R_1 ووصلة القاعدة - المجمع للترانزستور TR_1 . ويغذي هذا التيار الترانزستور TR_2 بتيار كاف بحيث يصل TR_3 إلى حالة تشبع ويكون TR_4 في حالة قطع وبالتالي تكون الإشارة المنطقية عند المخرج F في الحالة "0" .

عندما يكون أي من الإشارات الداخلة على مجموعة المرسلات في الحالة المنطقية "0" يمر تيار خارجاً من مرسل الترانزستور المؤثر عليه بالإشارة "0" . ذلك يسبب انقطاع التيار الذي يغذي قاعدة TR_2 مما يسبب انقطاع تيار التغذية للترانزستور TR_3 الذي يصبح في حالة قطع . نتيجة حدوث قطع في ترانزستور TR_2 يمر تيار في R_2 بحيث يغذي TR_4 الذي يصبح في حالة تشبع وتصبح الإشارة على المخرج F بالقيمة المنطقية "1" .

انتشر استخدام دوائر TTL وتم تصميم وإنتاج عدد كبير وأنواع مختلفة منها لتقليل استهلاك الطاقة وزمن الانتشار وزيادة مناعتها ضد الضوضاء . وعادة تنص المواصفات للدوائر من نوع TTL على استهلاك طاقة في حدود 10 mW وزمن انتشار في حدود 10 ns ومناعة ضد الضوضاء تصل إلى 1 V . وسيركز هذا الكتاب على الدوائر من نوع TTL لضرب الأمثلة وشرح الأفكار المختلفة للدوائر المنطقية لهذا سنبداً باعطاء فكرة سريعة عن المواصفات القياسية للأصناف المختلفة من الدوائر من نوع TTL بحيث نعطي للقارئ حدوداً عامة لاستهلاكها للطاقة ، وزمن انتشار الإشارات خلالها ومناعتها ضد الضوضاء وهي كما يلي :

(أ) دوائر TTL السريعة (HTTL)

1 V — 6 ns — 16 mW

(ب) دوائر TTL ذات الاستهلاك الضئيل للطاقة (LTTL)

$$1 \text{ V} - 35 \text{ ns} - 1 \text{ mW}$$

(ج) دوائر TTL باستخدام وصلة شوتكي (STTL)

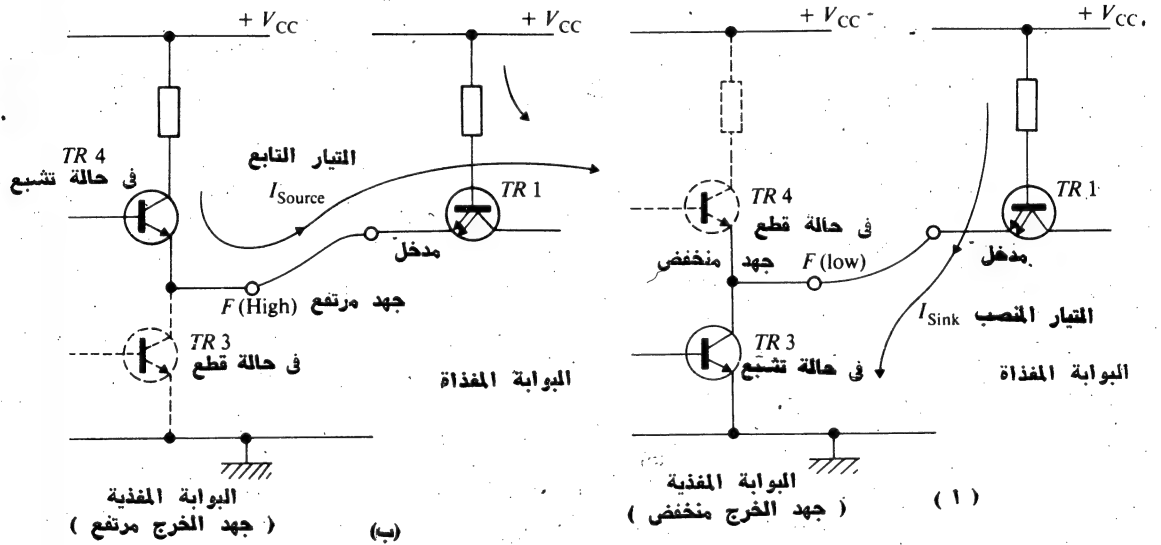
$$0.9 \text{ V} - 3 \text{ ns} - 20 \text{ mW}$$

(د) دوائر TTL باستخدام وصلة شوتكي ذات الاستهلاك الضئيل للطاقة (LSTTL)

$$0.8 \text{ V} - 10 \text{ ns} - 2 \text{ mW}$$

٣ - ١٤ التيارات المنصبة والتابعة

عندما تغذى بوابة من نوع TTL بوابة أو بوابات أخرى يجب مراعاة حدود تيارات التغذية التي يحددها الصانعون فعندما يكون خرج البوابة F له القيمة المنطقية "0" (جهد منخفض) يكون مسار التيار كما هو مبين في شكل ٣ - ١٥ (أ) وتعمل البوابة المغذية (TR3) كصنب للتيار (يمر التيار خلالها للأرض). وتحدد عادة المواصفات أن التيار المنصب والمار خلال خرج البوابة للأرض لا يجب أن يزيد عن 1.6 mA لكل بوابة يتم تغذيتها ويمكن أن يصل مجموع التيارات المنصبة في البوابة المغذية الواحدة إلى 16 mA.

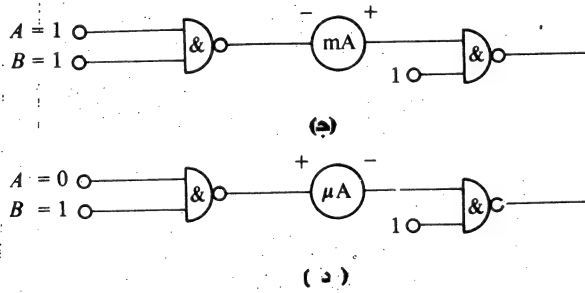
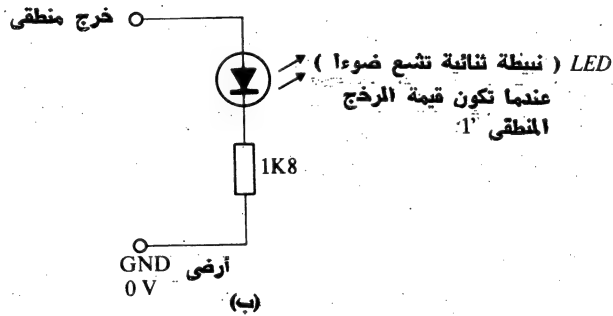
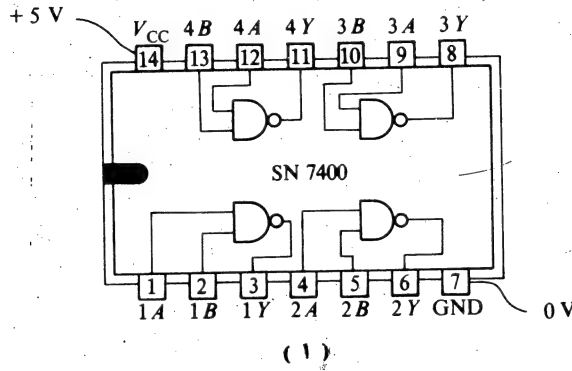


شكل ٣ - ١٥ التيارات المنصبة والتابعة في دوائر TTL

(أ) تيارات منصبة .

(ب) تيارات نابعة .

من التحليل السابق يمكن استنتاج أن أقصى عدد من البوابات يمكن تغذيتها ببوابة من نوع TTL هو عشر بوابات . وإذا كررنا التحليل السابق عندما يكون الخرج F في الحالة المنطقية "1" (جهد مرتفع) فسنجد أن مسار التيار قد تغير كما يبين شكل ٣ - ١٥ (ب) فتصبح البوابة في هذه الحالة منبعاً أو مصدرراً للتيار المغذى للبوابة المتصلة بالخرج F . وتحدد المواصفات حداً أقصى للتيار الناتج في حدود $40\mu A$ لكل حمل (بوابة متصلة بالخرج F) وتحدد أيضاً الحد الأقصى لمجموع التيارات النابعة هو $400\mu A$. بذلك يمكننا حساب الحد الأقصى لعدد البوابات الممكن تغذيتها من البوابة المنطقية ، وتكون قيمة هذا الحد عشر بوابات أيضاً .



شكل ٣ - ١٦ بوابات نفي « و » (NAND) من نوع TTL (برقم SN 7400) .

- (أ) مسقط رأسى لدائرة متكاملة بها أربع بوابات نفي « و » لكل بوابة منها مدخلان (ب) مبين للحالة المنطقية
(ج) توصيلة لقياس التيار « المنصب » (د) توصيلة لقياس التيار « النابع » .

ملحوظة : تم الاتفاق على كتابة المواصفات بطريقة معينة بحيث إذا كان التيار داخلاً للدائرة تكون إشارة موجبة ، أما إذا كان خارجاً من الدائرة تكون إشارته سالبة . لذلك عندما تكون الإشارة الداخلة في الحالة المنطقية "0" يكون التيار الداخل $I_{in} = -1.6 \text{ mA}$ ، لكنه عندما تكون إشارة الخرج المنطقية "0" يكون التيار المنصب في الدائرة $I_{sink} = 16 \text{ mA}$. أما إذا كانت الحالة المنطقية للداخل "1" يكون التيار الداخل $I_{in} = 40 \mu\text{A}$ وإذا كانت إشارة الخرج عالية (حالة منطقية "1") يصبح التيار المغذى للحمل هو $I_{load} = 400 \mu\text{A}$

تمرين عمل ٣ (د) :

بوابة نفي « و » (NAND) من نوع TTL

في هذا التمرين سنستخدم دائرة متكاملة رقم SN7400 بها أربع بوابات من نوع نفي « و » (NAND) كل منها له طرفان للإشارات الداخلة كما هو مبين في الشكل ٣-١٦ (أ) . قم بتوصيل V_{CC} و GND (الأطراف رقم ١٤ ، ٧) إلى $+5\text{V}$ ، 0V بالترتيب .

اختبر البوابة بتوصيل التوافقيات الممكنة للإشارات الداخلة للبوابة واختبار الحالة المنطقية للخرج باستخدام LED كمين للحالة المنطقية كما هو موضح بالشكل ٣-١٦ (ب) . مع مراعاة أن المقاومة $1\text{K}8$ تسبب انخفاضاً في الإضاءة إلا أنه يضمن أن LED المستخدم لاختبار الحالة المنطقية لا يسبب زيادة تحميل البوابة المنطقية نفسها .

ويكون جهد الحالة المنطقية "1" $+5\text{V}$

وجهد الحالة المنطقية "0" 0V

عند استعمال بوابات نفي « و » (NAND) (يجب مراعاة توصيل المداخل كلها إما إلى إشارات أو توصيلها على جهد التغذية $+V_{CC}$ خلال مقاومة $1\text{K}\Omega$ ، إلا أنه بالنسبة لهذه الاختبارات البسيطة (والتوصيل غير الدائم) يمكن الاستغناء عن هذه المقاومة دون حدوث أى عطب للدائرة عند توصيل المداخل غير المستخدمة مباشرة إلى $+V_{CC}$.

إدرس كفاءة جهد الحالات المنطقية "1" ، "0" باستخدام أجهزة قياس رقمية للجهد (DMM) .

ملحوظة : من الممكن أن تحدث أخطاء في قياس جهد الحالة المنطقية باستخدام أجهزة القياس الرقمية (DMM) وفي هذه الحالة يجب عكس أطراف جهاز القياس وطبعاً ستكون إشارة الجهد المسجل على جهاز القياس معكوسة . والسبب في ذلك أن أجهزة القياس الرقمية متعددة الاستخدامات (DMM) تستخدم دوائر من نوع (CMOS) وعند إجراء قياسات على الممانعة العالية تنتج جهود ضوئية تتولد بين الأرضي وأطراف الجهاز . ويعكس أطراف الجهاز يمكن التغلب على هذه المشكلة .

قم بقياس التيار المنصب والتيار النابع عندما تكون هناك بوابة تغذى بوابة أخرى في الحالات المنطقية "1" و "0" باستخدام التوصيلات الموضحة في شكل ٣-١٦ (ج) و (د) وتأكد من أن هذه التيارات أصغر من 1.6 mA ، $40\mu\text{A}$ على التوالي .

٣ - ١٥ التعرف على دوائر TTL وطرق ترقيتها

تم وضع نظام متكامل لترميز وترقيم النباائط والدوائر المتكاملة بحيث يمكن تقسيم الرمز والرقم إلى أجزاء منفصلة متميزة يدل كل منها على معلومة عن الدائرة .

متال :

SN 74 H 107 N

SN دائرة مصنعة من أشباه الموصلات

74 دائرة متكاملة من نوع TTL تعمل في مدى معين لدرجات الحرارة يعرف باسم المدى الحرارى التجارى .
عادة تصنع دوائر TTL لتعمل في ثلاثة نطاقات لدرجة حرارة التشغيل أهمها :

سلسلة 54 المدى الحرارى العسكري من 55°C — إلى 125°C +

سلسلة 74 المدى الحرارى التجارى من 0°C إلى 70°C +

كما يحدد رقم السلسلة 74 أو 54 التغيرات المسموح بها في جهد التغذية للدائرة (V_{CC}) .

سلسلة 54 من 4.5 V إلى 5.5 V

سلسلة 74 من 4.75 V إلى 5.25 V

H تدل على سرعة انتشار الإشارات خلال الدائرة . وهناك أنواع أخرى من الرموز منها :

L دائرة تستهلك طاقة صغيرة .

S دائرة بها وصلة من نوع شوتكى .

LS دائرة تستهلك طاقة صغيرة وبها وصلة من نوع شوتكى .

R NO LETTE عند عدم وجود حرف (رمز) تكون الدائرة من نوع TTL القياسى .

107 الوظيفة أو الدالة التى تنفذها الدائرة ، وفي هذه الحالة يدل رقم 107 على أنها دائرة قلاية (F.F.)

من نوع J - K .

N نوع التغليف الموجودة بداخله الدائرة وهو من أكثر أنواع التغليف انتشاراً ويكون لها 14 أو 16 أو 24

طرف توصيل من نوع DIL .

٢ - ١٦ المواصفات - ورقة بيانات TTL

يبين شكل ٣-١٧ ورقة بيانات دائرة متكاملة من نوع TTL بها أربع بوابات نفي « و » NAND لكل منها مدخلان للإشارات (TTL Quad 2i/p NAND) . ويلاحظ أن ورقات البيانات تشتمل على مواصفات السلسلتين معاً والفرق الوحيد يبين السلسلتين تم شرحه في الفصل ٣-١٥ .

يبين المسقط العلوى توزيع التوصيلات وأرقام مسامير التوصيل في حالة التغليف المسطح أو التغليف مع وضع الأطراف في خطين متوازيين متناظرين (DIL) . ويجب أن نلاحظ أن هناك اختلافاً في التوصيلات بين الأطراف لنوعى التغليف المبين بالشكل .

وتحتوى ورقة البيانات على مدى درجات الحرارة المسموح بتشغيل الدائرة فيه وجهود التغذية المطلوبة وأقصى عدد من البوابات يمكن توصيلها على خرج البوابة . ويل ذلك كتابة متغيرات أسوأ حالات التشغيل كما شرحنا ذلك في الفصلين ٣-٤ و ٣-١٤ .

أخيراً تبين ورقة البيانات خواص التحويل للدائرة بتحديد زمن انتشار التغير في الإشارة من منخفض إلى مرتفع ("0" إلى "1") كما تحدد زمن انتشار التغير في الإشارة من مرتفع إلى منخفض ("1" إلى "0") وذلك إذا تم تحميل البوابة بحمل يتكون من مقاومة 400Ω ومكثف $15PF$.

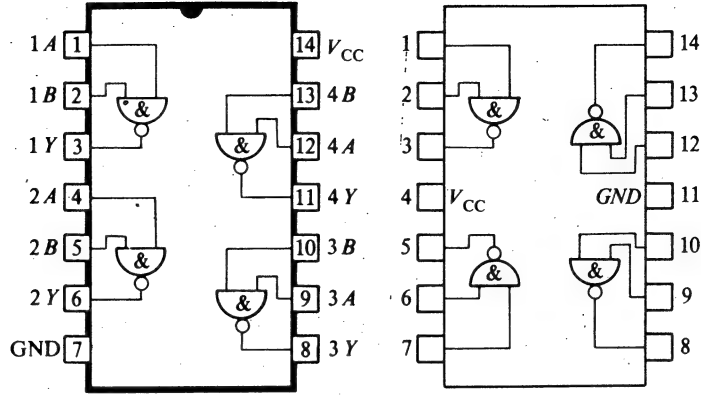
٣ - ١٧ بوابات منطق متصلة عن طريق المرسل ECL

يختلف هذا النوع من البوابات عن الأنواع السابقة في أن الترانزستورات المستخدمة قد لا تعمل دائماً في حالة تشبع. وانتشر استعمال هذا النوع في الحاسبات السريعة التي تتطلب سرعة عالية لانتشار الإشارات لما تتميز به هذه البوابات من سرعة فائقة . ويبين شكل ٣-١٨ دائرة ECL يمكن أن تؤدي كلا من عمل بوابة أو (OR) وبوابة نفي «أو» (NOR) .

عندما يكون جهد كل من المدخلين A ، B منخفضاً (الإشارة المنطقية "0") يكون كل من الترانزستورين $TR1$ ، $TR2$ في حالة قطع ويكون جهد مجمع الترانزستورين عالياً ويترتب على ذلك أن يكون $TR3$ في حالة توصيل بتأثير جهد V_{REF} المتصل بقاعدة $TR3$ ويصبح جهد مجعده منخفضاً . في نفس الوقت يتسبب الجهد العالى عند مجمع $TR1$ ، $TR2$ في أن يكون $TR4$ في حالة توصيل وبالتالي يصبح الخرج F_1 مرتفع الجهد أى في الحالة المنطقية "1" . وفي نفس الوقت يتسبب الجهد المنخفض عند مجمع $TR3$ في أن يصبح $TR5$ في حالة قطع ويكون الخرج F_2 منخفضاً (الحالة المنطقية "0") .

في الحالة التي يكون فيها أى من المداخل مرتفع الجهد (الحالة المنطقية "1") ينخفض فرق الجهد المؤثر على وصلة المرسل - القاعدة في $TR3$ مما يسبب انقطاعه ويصبح جهد مجمع $TR3$ أعلى من مجمع $TR1$ ، $TR2$. ويترتب على ذلك أن يصبح الجهد عند F_2 مرتفعاً (الحالة المنطقية "1") والجهد عند F_1 منخفضاً (الحالة المنطقية "0") ويمكننا الآن استنتاج الدالة المنطقية عند F_1 ، F_2 . فن الواضح أن الدالة المنطقية عند F_2 هي دالة «أو» والدالة المنطقية عند F_1 هي نفي «أو» .

ويصل زمن الانتشار إلى 2 ns في هذا النوع من الدائر وتستهلك طاقة في حدود 25 mW كما يلاحظ أن أقصى عدد من البوابات يمكن توصيله بهذا النوع من البوابات كبير ويصل إلى ثلاثين بوابة إلا أن مناعة هذه البوابة للضوضاء صغيرة جداً في حدود $0.2V$. وتوجد بوابات من هذا النوع لها زمن انتشار حوالى 1 ns .



(١) تغليفة مسطحة لها ١٤ طرف توصيل (٢) تغليفة من نوع DIL لها ١٤ طرف توصيل

(٣) الحد الأقصى لجهد التغذية $7V = V_{CC}$

(٤) الحد الأقصى لجهد الإشارة الداخلة $5.5V = V_{IN}$

(٥) جهد التشغيل العادي للسلسلة $5V \pm 0.5V = V_{CC}$ 54

(٦) جهد التشغيل العادي للسلسلة $5V, \pm 0.25V = V_{CC}$ 74

(٧) مدى درجات حرارة التشغيل للسلسلة 54 $-55^{\circ}C$ إلى $125^{\circ}C$

(٨) مدى درجات حرارة التشغيل للسلسلة 74 $0^{\circ}C$ إلى $70^{\circ}C$

الخواص الكهربائية :

جهد الإشارات الداخلة : المستوى المنخفض $0.8V = V_{IL}$ كحد أقصى
المستوى المرتفع $2.0V = V_{IH}$ كحد أدنى

جهد الخرج : المستوى المنخفض $0.4V = V_{OL}$ كحد أقصى
(القيمة المعتادة $0.22V$)
المستوى المرتفع $2.4V = V_{OH}$ كحد أقصى
(القيمة المعتادة $3.3V$)

التيارات الداخلة : المستوى المنخفض ، $(V_{CC} = \text{الحد الأقصى لجهد التغذية و } V_{IN} = 0.4V)$

التيار المنخفض $I_{IL} = -16mA$

المستوى المرتفع ، $(V_{CC} = \text{الحد الأقصى لجهد التغذية})$

و $V_{IN} = 2.4V$ ، التيار المرتفع $I_{IH} = 40\mu A$

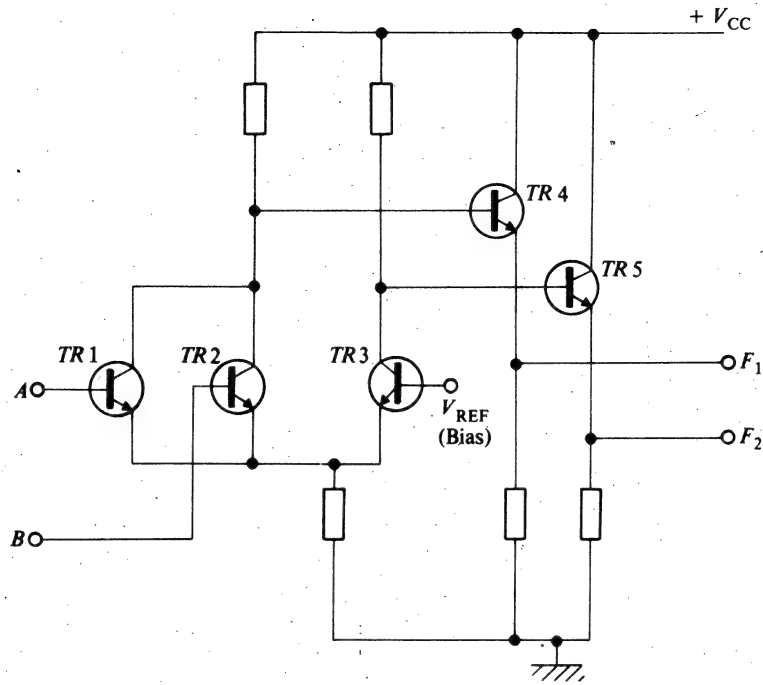
خواص تحويل الإشارات :

عند قياس أزمنة الانتشار باستخدام مقاومة 400Ω ومكثف $15PF$ متصلين على التوازي كحمل للبوابة .

زمن الانتشار (التغير من إشارة "0" إلى إشارة "1") $t_{PLH} = 22ns$ كحد أقصى (القيمة المعتادة $11ns$)

زمن الانتشار (التغير من إشارة "1" إلى إشارة "0") $t_{PHL} = 15ns$ كحد أقصى (القيمة المعتادة $7ns$) .

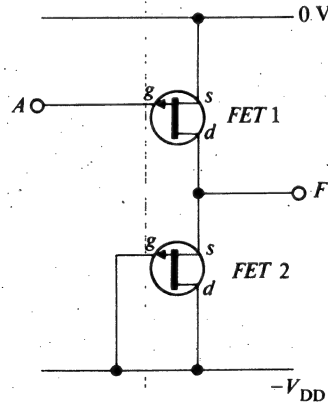
شكل ٣ - ١٧ ورقة بيانات دائرة من نوع TTL من السلسلة رقم SN 7400 .



(١) جهد لتوجيه الاتصال في الترانزستور (V_{REF}) .
شكل ٣ - ١٨ بوابة « أو - نفي أو » (OR/NOR) من نوع ECL

٣ - ١٨ بوابات منطق باستخدام MOS

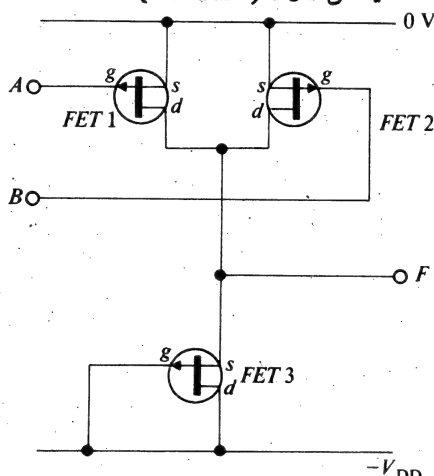
من المزايا الرئيسية لاستخدام ترانزستور MOS هي صغر المساحة التي يحتلها في الدائرة المتكاملة واستهلاكه لقدر أقل من الطاقة . وقد أدت هذه المزايا إلى زيادة عدد الوحدات الممكن تصنيعها في نفس المساحة وبالتالي ظهور الدوائر المتكاملة العالية الكثافة (LSI) مثل دوائر الذاكرة للحاسبات الرقمية . ويبين شكل ٣ - ١٩ بوابة نفي (NOT) بسيطة مصنعة باستخدام ترانزستورات من نوع MOS ذات قناة من نوع P . فالترانزستور FET 2 يعمل



شكل ٣ - ١٩ بوابة نفي (NOT) باستخدام ترانزستورات من نوع MOS

كقلاومة حمل للترانزستور FET 1 . عندما تكون الإشارة المنطقية عند A في الحالة المنطقية "0" (جهد سالب للقناة من نوع P) يصبح الترانزستور EFT 1 في حالة تشبع وتكون إشارة الخرج F في الحالة المنطقية "1" (0 V) . لكن عندما تكون الإشارة المنطقية عند A في الحالة المنطقية "1" (0 V) . يكون FET 1 في حالة قطع ويكون الخرج عند F له القيمة المنطقية "0" (جهد الإشارة عند $-V_{DD}$) وبذا يحدث عملية النفي .

يبين شكل ٣-٢٠ بوابة نفي « أو » (NAND) بسيطة تستعمل أيضاً ترانزستورات من نوع MOS ذات قناة من نوع P . إذا كان أي من الإشارتين الداخلتين عند A أو B لها القيمة المنطقية "0" (ذات جهد سالب) يكون الترانزستور المؤثرة عليه هذه الإشارة في حالة تشبع وبالتالي تكون إشارة الخرج عند F لها القيمة المنطقية "1" . أما في الحالة التي تكون فيها الإشارتان عند A ، B لهما جهد عال (في الحالة المنطقية "1") فإن كلا من الترانزستورين FET 1 و FET 2 يكون في حالة قطع وبالتالي إشارة الخرج عند F "0" (ذات جهد سالب $-V_{DD}$) وتحقق الدالة المنطقية لنفي « و » (NAND) .



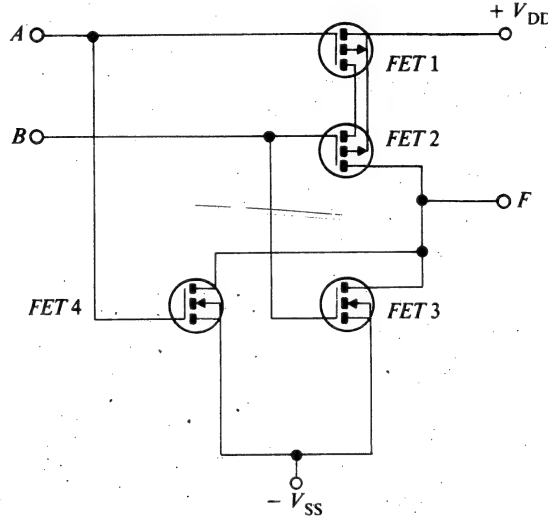
شكل ٣-٢٠ بوابة نفي « و » (NAND) باستخدام ترانزستورات MOS .

٣ - ١٩ بوابات منطق باستخدام CMOS

يستخدم في هذا النوع من البوابات المنطقية نبائط من نوع MOS ذات قناة من نوع P أو من نوع n في توصيلة متماثلة متماثلة (Complementary) . ويبين شكل (٣-٢١) بوابة نفي « أو » NOR من نوع CMOS التي تستخدم المنطق الموجب (الجهد العالي يمثل الحالة المنطقية "1" والجهد المنخفض يمثل الحالة المنطقية "0") .

عندما تكون كل من الإشارتين الداخلتين على A ، B في الحالة المنطقية "0" (جهد منخفض) يكون كل من FET 3 و FET 4 في حالة قطع ويكون كل من FET 1 و FET 2 في حالة توصيل وتصيح الإشارة على الخرج F ذات جهد عال « القيمة المنطقية "1" » (لكن إذا كانت إشارة A "0" وإشارة B "1" يكون FET 1 في حالة تشبع ويكون FET 2 في حالة قطع وبذلك تصيح إشارة الخرج عند F ذات جهد منخفض (الحالة المنطقية "0") . ويتكرر ذلك عندما تكون إشارة A "1" وإشارة B "0" . أما في الحالة التي فيها الإشارتان A و B ذات جهد مرتفع (الحالة المنطقية "1") يكون كل من FET 1 و FET 2 في حالة قطع ويكون كل من FET 3 و FET 4 في حالة تشبع ويكون الخرج F ذا جهد منخفض أي تكون إشارة الخرج "0" .

يلاحظ أن البوابات المنطقية من نوع CMOS تحافظ على مستوى جهد الحالة المنطقية "1"، "0" في الخرج ، وذلك لأن الحالة المنطقية "1" تقارب $V_{DD} +$ ، والحالة المنطقية "0" تساوى تقريباً 0 V . لذلك يكون لهذا النوع من البوابات مناعة عالية ضد الضوضاء تصل إلى ٢٠٪ من جهد التغذية (V_{DD}) . ويمكن لهذه البوابات أن تعمل بمجهود تغذية في حدود من 3V إلى 15V . كما يمكنها أن تعمل بمجهود تغذية يصل إلى 1V أو 1.5V وتسحب تياراً في حدود $5\mu\text{A}$ في بعض التطبيقات الخاصة مثل ساعات اليد الإلكترونية . وفي مثل هذه الحالات يجب العناية بتصميم وتحديد الجهود التي يحدث عنها التحويل من حالة منطقية للحالة الأخرى .



شكل ٣ - ٢١ بوابة نفي «أو» (NOR) من نوع CMOS

تتميز نبائط MOS بممانعة مدخل عالية جداً تصل إلى $10^{12}\Omega$ ومكثف 5PF ويعتمد زمن انتشار الإشارات على عدد البوابات المتصلة بالخرج ويكون في حدود 20ns إذا كان للبوابة مدخلان ويزيد هذا الزمن بمقدار 5 ns لكل زيادة قيمتها 5PF من مكثف الحمل للدائرة . وفي الحالات التي لا تحتاج لسرعات عالية فإنه يمكن زيادة البوابات التي تحمل على الخرج إلى ما يقرب من 50 .

تجب العناية باتخاذ احتياطات كبيرة عند لمس أو نقل أو تركيب النباط من نوع CMOS حتى لا يتسبب ذلك في احتمالات تلفها نتيجة زيادة الجهود الاستاتيكية أو من الأجهزة في حالة عدم عمل توصيلة أرضية للتخلص من هذه الشحنات . وعادة يتم شحن وتوريد هذه النباط وأطراف توصيلها مدفونة في مادة موصلة ويكتب عليها « اترك الدائرة كما هي حتى يتم توصيلها ولا تستعمل في تغليفها أية مادة يدخل في تركيبها البلاستيك أو النايلون » وذلك لأن البلاستيك والنايلون يتولد عنهما جهد استاتيكي عال . كما أنه يجب الحذر من استخدام الأقشة العادية لأن معظم الأقشة المصنعة اليوم تولد جهوداً استاتيكية عالية . يجب أيضاً اتخاذ الاحتياطات اللازمة بعمل توصيلات أرضية للأجهزة . ومن الواضح أن استخدام نبائط CMOS خلق نوعاً جديداً من المشاكل والاحتياطات إلا أن معظمها يمكن التغلب عليه بدون مشقة كبيرة. ومن أنجح الطرق التي تستخدم لحماية نبائط CMOS من الجهود الاستاتيكية والتلف تنظية سطح مائدة العمل بلوح من النحاس وتوصيل هذا السطح النحاسي بالأرضى وعمل توصيلة أرضية لجميع الأجهزة

المستخدمة . كما يمكن أيضاً اتخاذ احتياطات إضافية بعمل حلقة نحاسية تلبس حول رسغ الشخص الذى يتعامل مع نبائط CMOS . وتزود معظم دوائر CMOS المنتجة هذه الأيام بمدخل وسيطة لحماية الدوائر من التلف ورغم ذلك فيجب دائماً توصيل أطراف دائرة التغذية والأرضى أولاً . كما يجب توصيل المدخل غير المستخدمة إما إلى أطراف إدخال أخرى (مستخدمة) أو توصيلها بخط التغذية بالطاقة على التوالى مع مقاومة $220K\Omega$ (يجب عدم ترك أى أطراف غير مستعملة أو غير متصلة بأى إشارات) . هذا ويجب عدم توصيل الإشارات على المدخل إلا بعد توصيل مغذى الطاقة الكهربائية .

يلاحظ أننا ذكرنا عيوب نبائط (CMOS) بالتفصيل وذلك لأهمية تناولها والتعامل معها بعناية وذلك بسبب خيبة الأمل التى يمكن أن يسببها تلف الدوائر لمستعملها إذا لم يراعوا الاحتياطات البسيطة .

ويمكن تلخيص المميزات الرئيسية لنبائط CMOS والتي تمثل فى إمكانية زيادة عدد الوحدات الممكن تصنيعها على نفس المساحة . والمدى الواسع لجهد التغذية الممكن استعماله ، بالإضافة إلى ارتفاع مناعتها ضد الضوضاء واستهلاكها الصغير للطاقة . فن الممكن مثلاً تشغيل دوائر CMOS على جهد تغذية 5V وزمن انتشار للإشارة حوالى 35 ns واستهلاك للطاقة 10 nW ومناعة للضوضاء 2V . ونتيجة لهذه المميزات ورخص تكاليف التصنيع استخدمت الدوائر المتكاملة من نوع CMOS فى عدد كبير من التطبيقات سواء منها الرقمية أو التناظرية . رغم ذلك فإن معظم الدوائر والتطبيقات التى سنتناولها بالشرح فى باقى أجزاء الكتاب سنبنيها على دوائر من نوع TTL (ثنائية القطبية) من السلسلة 74 للدوائر المتكاملة ، إلا أن نفس المنطق وأسلوب التفكير والتحليل يمكن تطبيقه على نبائط CMOS والنظم الأخرى أيضاً .

الفصل الرابع

شبكات المنطق

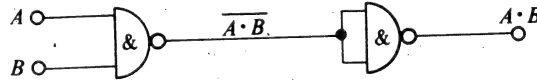
٤ - ١ بوابات من نوع نفى « و » NAND ونفى « أو » NOR

عادة يتم تصميم النظم المنطقية باستخدام نوع واحد من البوابات المنطقية إما بوابات نفى « و » (NAND) أو بوابات نفى « أو » (NOR). لذلك عند إنتاج الدوائر المنطقية المتكاملة يتم التركيز على تصنيع عدد محدود من أنواع البوابات.

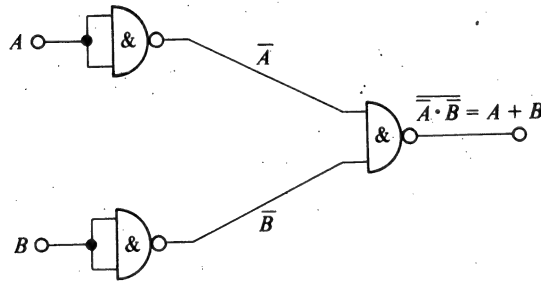
رغم أن أى نظام يمكن تنفيذه بنوع واحد من البوابات إلا أنه يجب أن نتذكر دائماً أن الدوال المنطقية الأساسية التى يجب تنفيذها هي « و » (AND)، « أو » (OR) ودالة النفى (NOT). ويمكن تنفيذ هذه الدوال جميعها باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط كما هو مبين في شكل ٤ - ١ (أ) و (ب).

يمكن أيضاً تنفيذ الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) كما هو مبين في شكل ٤ - ٢ (أ) و (ب).

والخطوة التالية لتنفيذ الشبكات المنطقية باستخدام التوصيلات المبينة في شكل ٤ - ١ و ٤ - ٢ هي اختيار شكل الشبكة بحيث يمكن تقليل عدد البوابات الزائدة عن الحاجة وهو ما يطلق عليه بعملية « التصغير » أو التقليل.



(أ)

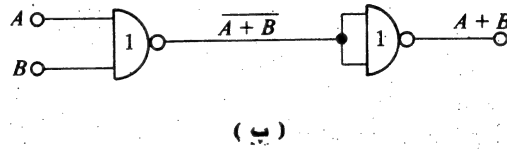
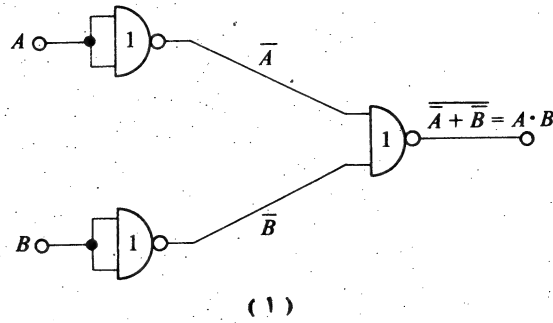


(ب)

شكل ٤ - ١ - الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(أ) دالة « و » (AND) باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

(ب) دالة « أو » (OR) باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .



شكل ٤ - ٢ - الدوال المنطقية الأساسية باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR)
 (أ) دالة « و » (AND) باستخدام بوابة نفي « أو » (NOR) فقط .
 (ب) دالة « أو » (OR) باستخدام بوابة نفي « أو » (NOR) فقط .

مثال (٤ - ١)

قم بتركيب شبكة منطقية باستخدام بوابات نفي « و » فقط للدالة المنطقية F .

$$F = A \cdot B + C \cdot D$$

لو تم تنفيذ هذه الدالة باستخدام بوابات « و » و « أو » و « نفي » تنتج الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٤ - ٣ (أ) .
 لو استبدلنا الآن كل بوابة بما يكافئها من شبكة البوابات المرسومة في شكل ٤ - ١ فإننا نحصل على شكل ٤ - ٣ (ب) .

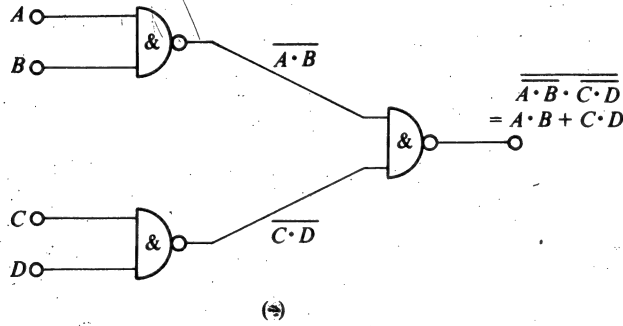
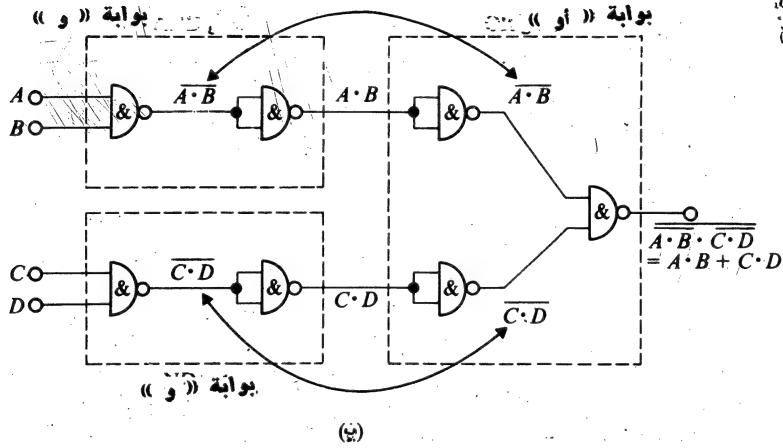
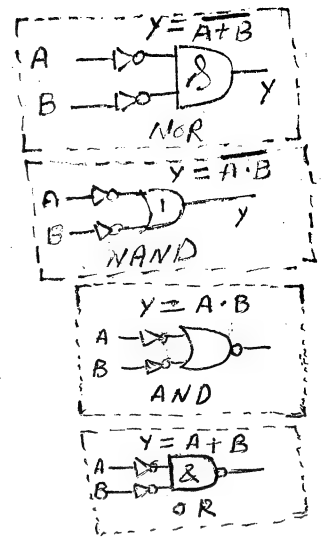
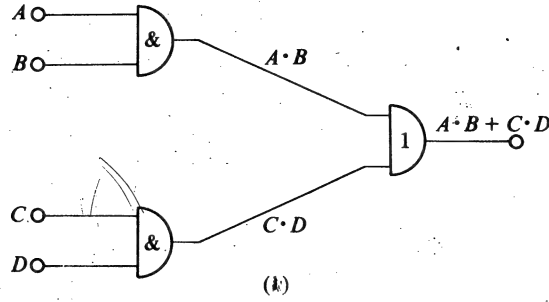
بعد فحص واختبار الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٤ - ٣ (ب) نكتين وجود عدد من البوابات الزائدة عن الحاجة والتي يمكن الاستغناء عنها كما هو مبين في شكل ٤ - ٣ (ج) والتي تستخدم بوابات نفي « و » (NAND) فقط .

مثال ٤ - ٢ :

قم بتركيب الشبكة المنطقية للدالة المنطقية F باستخدام بوابات من نوع نفي « أو » (NOR) فقط .

$$F = (A + B) \cdot (C + D)$$

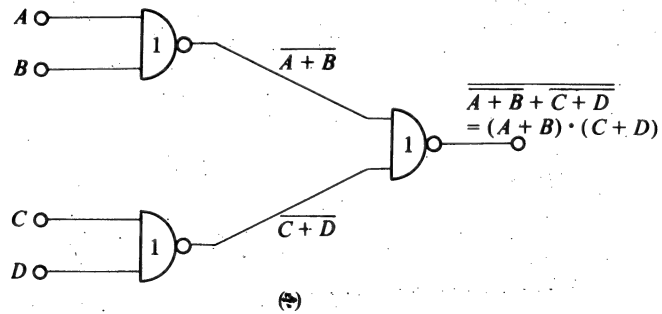
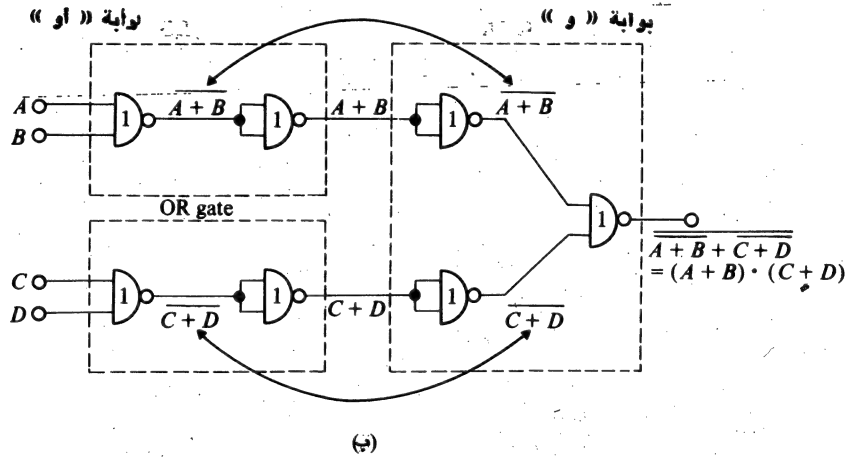
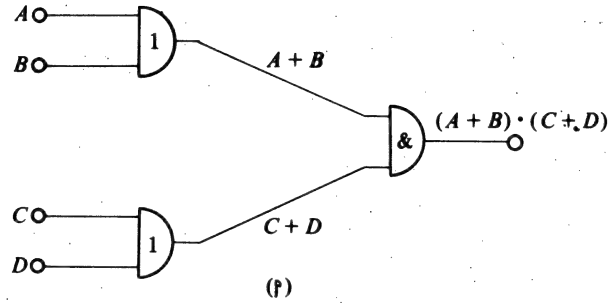
شكل ٤ - ٤ (أ) يمثل الشبكة المنطقية باستخدام بوابات المنطق الأساسية « أو » ، « و » و « نفي » .



(٣) بوابة « و » (AND)

- شكل ٤ - ٣ - تنفيذ دالة منطقية باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) وعمليات التصغير .
 (أ) استخدام بوابات المنطق الأساسية . (ب) استخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .
 (ج) الشبكة الناتجة بعد عمليات التصغير باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) فقط .

شكل ٤ - ٤ تنفيذ دالة منطقية باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) وعمليات التصغير .
 (أ) استخدام بوابات المنطق الأساسية . (ب) استخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .
 (ج) الشبكة الناتجة بعد عمليات التصغير باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .



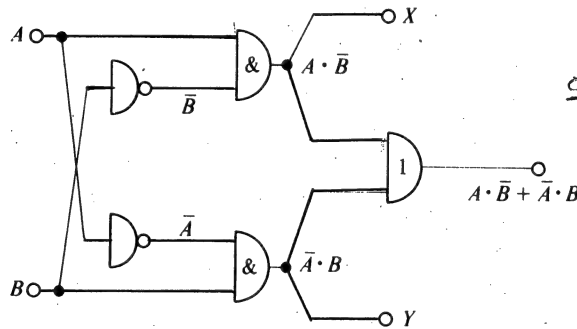
ثانياً استبدال بكل بوابة منطقية رئيسية ما يكافئها من بوابات نفي « أو » (NOR) (كما هو مبين في شكل ٤ - ٢)
وتصبح الدائرة المنطقية كما هو مبين في الشكل ٤ - ٤ (ب) .
في النهاية اختبر الشبكة المرسومة في شكل ٤ - ٤ (ب) وتخلص من البوابات الزائدة عن الحاجة تحصل على أصغر عدد
من البوابات والتي يمكن أن تنفذ بها الدالة F كما هو مبين في شكل ٤ - ٤ (ج) .

٤ - ٢ بوابات « أو » المنفردة Exclusive-OR

هذا النوع من البوابات المنطقية مفيد جداً في تصميم النظم المنطقية ويطلق عليها إما اسم بوابات « أو » المنفردة
EXCLUSIVE-OR أو بوابات عدم التكافؤ NOT EQUIVALENT . تكون إشارة الخرج "1" عندما
تكون إلا شارستان الداخلتان مختلفتين بمعنى أن تكون إحداها "1" و الأخرى "0" وتطعي خرجاً قيمته "0" عندما
تكون إلا شارستان الداخلتان متساويتين بمعنى كون كليهما "1" أو "0" . بمعنى آخر فإن هذه البوابة تقوم بمقارنة
الإشارتين الداخلتين ولذلك يطلق عليها أحياناً اسم المقارن (COMPARATOR) .
يمكن التعبير عن الدالة المنطقية « أو » المنفردة Exclusivz - OR بالمعادلة البولية التالية :

$$F = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

ويمكن تنفيذ هذه الدالة بالبوابات الأساسية المبينة في شكل ٤ - ٥ .



تدرك بوابة OR
من بوابتين AND وبوابة OR

شكل ٤ - ٥ شبكة تنفيذ دالة « أو » المنفردة Exclusive - OR باستخدام بوابات المنطق الأساسية .

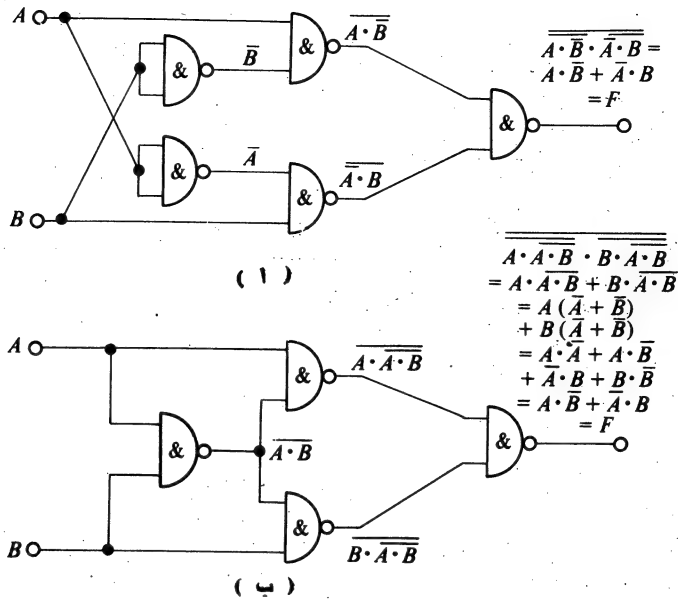
في هذه الشبكة (شكل ٤ - ٥) تكون إشارة الخرج عند X "1" عندما يكون $A > B$ (A أكبر من B) أي أن $B = 0, A = 1$ وتكون إشارة الخرج عند Y "1" عندما يكون $A < B$ (A أصغر من B) أي أن $A = 0$ و $B = 1$
ويمكن أيضاً تنفيذ الدالة المنطقية « أو » المنفردة (Exclusive - OR) باستخدام بوابات نفي « و »
(NAND) أو بوابات نفي « أو » (NOR) كما يبين شكل ٤ - ٦ .

ننصح القارئ باختيار الشبكات المنطقية المرسومة والتحقق من سلامة علاقات الجبر البولي التي استخدمت بدقة
في كل حالة مما يكسبك أيضاً خبرة في التعامل مع الجبر البولي .

تمرين عمل (٤١) :

بوابة « أو » المنفردة EXCLUSIVE OR

قم بتوصيل الشبكات المنطقية المبينة في شكل ٤ - ٦ لتحقيق دالة « أو » المنفردة (Exclusive OR)
باستخدام بوابات نفي (و) NAND ذات المدخلين أي : SN 7400, Quad 2 i/p NAND

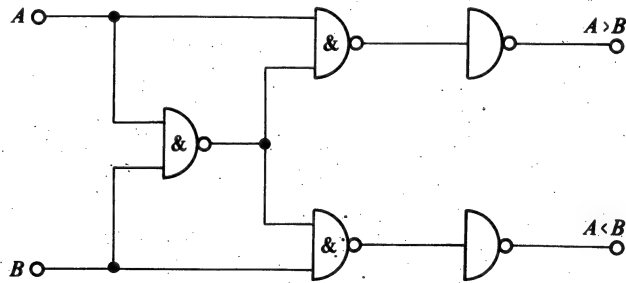


شكل ٤ - ٦ شبكات « أو » المنفردة Exclusive OR باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط .
 (أ) باستخدام ٥ بوابات نفي « و » . (ب) باستخدام ٤ بوابات نفي « و » .

قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الممكنة على A, B واختبر الحالة المنطقية عند الخرج باستخدام نبضة ثنائية مشعة للضوء (LED) عند كل تركيبة من تركيبات الإشارات الداخلة على A و B ، ثم استنتج جدول الحقيقة لبوابة « أو » المنفردة .
 تمرين عملي (٤ ب) :

مقارن COMPARATOR

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة بشكل ٤ - ٧ والتي تمثل شبكة مقارن (COMPARATOR) استخدم في تركيب هذه الشبكة الدائرة المتكاملة رقم SN 7400, Quard 2i/p والتي تحتوي على أربع بوابات نفي « و » (NAND) لكل منها مدخلان مع دائرة متكاملة رقم SN7400 × والتي تحتوي على ستة بوابات نفي (NOT) اختبر الحالة المنطقية للخرج باستخدام مبدئين الحالة المنطقية (LED) لكل توافقيات الإشارات الداخلة .



شكل ٤ - ٧ شبكات مقارن COMPARATOR

٤ - ٣ نظام أمان بسيط لتشغيل ماكينة

تعمل آلة ثقابة (مثقاب) عن طريق محرك كهربى (موتور) . ليدور المحرك F يجب أن يكون مفتاح توصيل الطاقة الكهربائية S في وضع التشغيل « و » (AND) عند توافر بعض احتياطات الأمان الأخرى :

(أ) حاجز الأمان G في وضع الأمان .

(ب) التيار الذى يسحبه المحرك لا يجاوز الحد الأقصى للتيار L .

بالإضافة إلى ذلك هناك متطلبات لتنفيذ عمليات الصيانة وذلك بتشغيل المحرك (الموتور) عندما يكون K في وضع التشغيل بالرغم من عدم وجود حاجز الأمان G في مكانه مع توافر باقى الشروط .

نفرض أن الإشارة المنطقية المثلة لكل احتياط من احتياطات الأمان تكون في الحالة المنطقية "1" عندما يكون شرط الأمان متحققاً .

يبين شكل ٤ - ٨ جدول الحقيقة لشروط الأمان السابق شرحها .

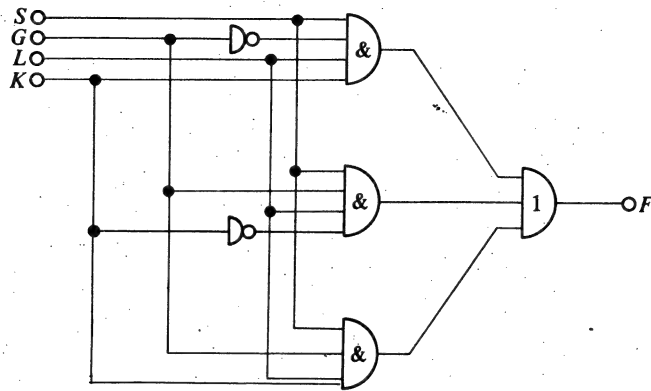
S	G	L	K	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

شكل ٤ - ٨ - جدول الحقيقة لنظام الأمان للتشغيل

بالنظر لجدول الحقيقة المبين في شكل ٤ - ٨ فإن الدالة F تكون قيمتها "1" في ثلاث تركيبات مختلفة للإشارات الداخلة ويمكن كتابة المعادلة البولية التى تعبر عن جدول الحقيقة مباشرة كالتالى :

$$F = S \cdot \bar{G} \cdot L \cdot K + S \cdot G \cdot L \cdot \bar{K} + S \cdot G \cdot L \cdot K$$

المعادلة البوليوية السابقة تعبر عن الدالة المنطقية لنظام الأمان باستخدام العمليات المنطقية الأساسية . ويمكن تنفيذ الدالة المنطقية باستخدام الشبكة المنطقية المبينة في شكل ٩ - ٤ . ومن الواضح أنها تستخدم عدداً كبيراً من البوابات .



شكل ٩ - ٤ - شبكة نظام الأمان للتشغيل المنطقية باستخدام البوابات الأساسية .

لنفرض الآن وجود بوابات نفي « أو » (NOR) فقط فإثنا يمكن أن نطبق طرق الجبر البولي لتبسيط المعادلة وإعادة كتابتها بصورة مختلفة وذلك حتى يمكننا تنفيذها باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .

$$F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L.\bar{K} + S.G.L.K$$

$$\therefore F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L.(\bar{K} + K)$$

$$\therefore F = S.\bar{G}.L.K + S.G.L$$

$$\therefore F = S.L.(\bar{G}.K + G)$$

$$\therefore F = S.L.(K + G)$$

$$\begin{aligned} G \cdot G &= G \\ \bar{G} \cdot K &= \bar{G}K \\ \bar{G} \cdot G &= 0 \\ G + \bar{G} &= 1 \end{aligned}$$

(ب)

$$(\bar{G}.K + G) = (\bar{G} + G).(K + G) = (K + G)$$

حيث :

ويمكن كتابة المعادلة البوليوية الأخيرة كالتالي :

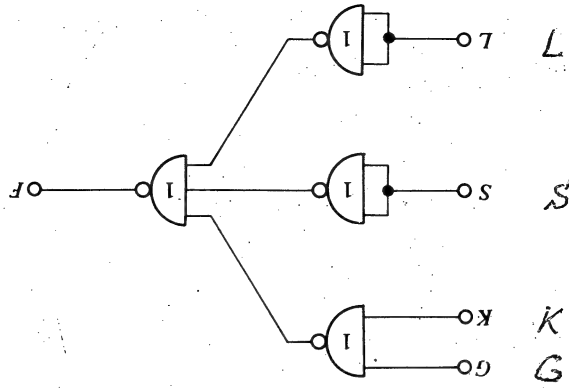
$$\bar{F} = \overline{S.L.(K + G)}$$

$$\bar{F} = \bar{S} + \bar{L} + \bar{K} + \bar{G}$$

ثم بنى طرف المعادلة

$$F = \overline{\bar{S} + \bar{L} + \bar{K} + \bar{G}}$$

ويمكن تنفيذ هذه المعادلة مباشرة باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) كما هو مبين في شكل ١٠ - ٤ .



شكل ٤ - ١٠ نظام الأمان للتشغيل باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط

إذا كانت البوابات الوحيدة المتوافرة هي بوابات نفي « و » (NAND) فيمكننا تبسيط المعادلة السابقة كما يلي :

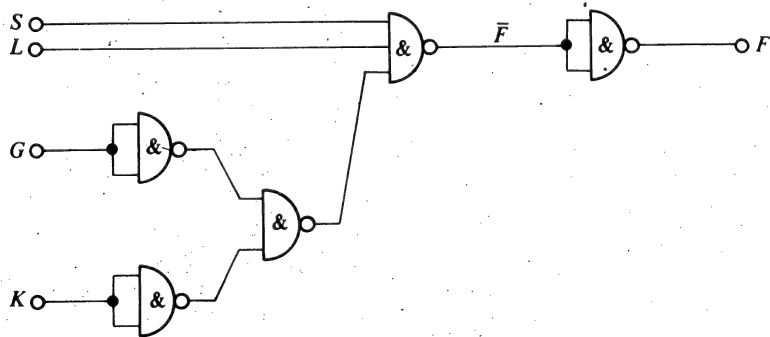
$$F = S.L.(K+G)$$

$$\therefore F = S.L. \overline{\overline{K.G.}}$$

$$\therefore \overline{F} = \overline{S.L. \overline{\overline{K.G.}}}$$

يمكن الآن تنفيذ الجانب الأيمن من المعادلة باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط ولكن ذلك سوف يحقق الدالة F (نفي الدالة الأصلية F) ولذلك يجب إضافة بوابة نفي (بوابة عكس) للحصول على الدالة الأصلية F كما هو مبين في شكل ٤ - ١١ .

ملحوظة : إن الطرق المختلفة للحصول على أصغر عدد من البوابات اللازمة لتنفيذ دالة منطقية محددة باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) أو نفي « أو » (NOR) عن طريق الجبر البولي تكون أحياناً طويلة وغامضة كما أنها تتطلب فهماً عميقاً ومعرفة واسعة بقوانين الجبر البولي . وسنقوم في الفصل الخامس بتقديم طريقة بسيطة وكثيرة الاستخدام لتبسيط معادلات الدوال المنطقية ولكنها تتطلب تفهماً تاماً للمبادئ الأساسية .



شكل ٤ - ١١ - نظام الأمان للتشغيل باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط

تمرين على (٤ ج) :

نظام الأمان للتشغيل

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٤ - ١٠ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7402 والتي تحتوى على أربع بوابات نفى « أو » (NOR) . ثم قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الداخلة الممكنة وتحقق من صحة جدول الحقيقة المبين في شكل ٤ - ٨ .

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٤ - ١١ باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7400 والتي تحتوى على أربع بوابات منطقية من نوع نفى « و » (NAND) والدائرة المتكاملة رقم SN 7420 والتي تحتوى على بوابتين من نوع نفى « و » (NAND) لكل منهما أربعة مداخل .

قم بتوصيل جميع توافقيات الإشارات الممكنة على الشبكة واختبر صحة جدول الحقيقة المبين في شكل ٤ - ٨ .

الفصل الخامس

خرائط كارنوف

٥ - ١ مقدمة

يمكن تمثيل جداول الحقيقة باستخدام خرائط كارنوف والتي ترسم على هيئة مستطيل مقسم إلى خلايا بحيث يكون :

العدد الكلي للخلايا في الخريطة 2^N

عدد المتغيرات المنطقية N

يمثل كل متغير منطقي في خريطة كارنوف بنصف المساحة الكلية ويمثل متمم المتغير بالنصف الآخر .

يبين شكل ٥ - ١ (أ) ، (ب) ، (ج) خرائط كارنوف في حالة متغير منطقي واحد ومتغيرين وثلاثة متغيرات ومكتوب داخل كل خلية تعبير بوول يمثل القيمة المنطقية للخلية .

\bar{A}	\bar{A}
A	A

(أ)

AB *

↓ ↓

لحور صف

$\bar{B}\bar{C} - \bar{B}C - B\bar{C} - BC$

\bar{A} 0 - 1 - 3 - 2

A 4 - 5 - 7 - 6

	\bar{B}	B
\bar{A}	$\bar{A}.\bar{B}$	$\bar{A}.B$
A	$A.\bar{B}$	$A.B$

		00	01	11	10
		\bar{B}	\bar{B}	B	B
0	\bar{A}	$\bar{A}.\bar{B}.\bar{C}$	$\bar{A}.\bar{B}.C$	$\bar{A}.B.C$	$\bar{A}.B.\bar{C}$
1	A	$A.\bar{B}.\bar{C}$	$A.\bar{B}.C$	$A.B.C$	$A.B.\bar{C}$
		\bar{C}	C	C	\bar{C}

ABC *

↓ ↓ ↓

لحور صف

لحور عمود

لحور عمود

شكل ٥ - ١ - خرائط كارنوف لمتغير واحد ومتغيرين وثلاثة متغيرات

(أ) متغير واحد (عدد الخلايا $2 = 2^1$) (ب) متغيران إثنان (عدد الخلايا $4 = 2^2$)

(ج) ثلاثة متغيرات (عدد الخلايا $8 = 2^3$)

يبين شكل ٥ - ٢ (أ) خريطة كارنوف لأربعة متغيرات ومكتوب داخل كل خلية في الخريطة التعبير البولي المكافئ.

يمكن استنتاج خريطة أخرى يطلق عليها خريطة فيتش باستبدال كل من المتغيرات A, B, C, D بالحالة المنطقية "1" وكل من المتغيرات $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ بالحالة المنطقية "0" في خريطة كانوف كما هو مبين في شكل ٥ - ٢ (ب). إلا أنه لتفادي أى لبلة يطلق عادة على كلتا الخريطتين خريطة كارنوف.

خريطة كارنوف

		\bar{C}	\bar{C}	C	C	
0 0	\bar{A}	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}CD$	\bar{B}
0 1	\bar{A}	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}D$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$\bar{A}BCD$	B
1 1	A	$AB\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$ABC\bar{D}$	$ABCD$	B
1 0	A	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}D$	$A\bar{B}C\bar{D}$	$A\bar{B}CD$	\bar{B}
		\bar{D}	D	D	\bar{D}	

$AB|CD$
 \downarrow
 $0-1-3-2$
 $4-5-7-6$
 $12-13-15-14$
 $8-9-11-10$

خريطة فيتش

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0000	0001	0011	0010
01	0100	0101	0111	0110
11	1100	1101	1111	1110
10	1000	1001	1011	1010

(ب)

$4 \bar{C}$ \bar{C} CC
 $3 \bar{D}$ D DD

شكل ٥ - ٢ خريطة كارنوف وخريطة فيتش لأربعة متغيرات
(أ) خريطة كارنوف (ب) خريطة فيتش

من الواضح أن شكل ٥ - ٢ (ب) تم استنتاجه بنفس الطريقة التي رسم بها شكل ٥ - ٢ (أ) ولكن باستخدام الحالات المنطقية « 1 » ، « 0 » بدلا من المتغير ومتنمه ، وبذلك تم استنتاج شكل ٥ - ٢ (ب) والذي يشبه مصفوفة من الأرقام ذات الأساس الثنائي . ويجب على القارئ التأكد من أن الخريطتين الميبنتين في شكل ٥ - ٢ هما طريقتان مختلفتان لتمثيل جدول حقيقة واحد .

إذا أملنا القيمة الرقمية للوحدات الثنائية المبينة في شكل ٥ - ٢ (ب) فإننا نلاحظ أن كل خليتين متجاورتين في خريطة كارنوف يختلفان عن بعضهما البعض في موقع ثنائي واحد وهكذا ينطبق على كل الخلايا بمعنى أن خلايا الصف العلوى والصف السفلى تعتبر متجاورة كما تعتبر خلايا العمود الأيمن والأيسر متجاورة . دقق في الشكل للتأكد من ذلك قبل متابعة القراءة .

٥ - ٢ إسقاط الدوال

يعتبر الإسقاط طريقة بيانية لتمثيل المعادلات المنطقية وكثيراً ما تستخدم هذه الطريقة لإثبات النظريات البولية وتصميم الشبكات المنطقية والمساعدة في تقليل عدد البوابات المستخدمة في بعض الشبكات .

٥ - ٣ ضم الخلايا

هذه طريقة من أهم الطرق المستخدمة في عمليات تقليل عدد البوابات المنطقية وأفضل طريقة لشرحها هو المثال التالي :

مثال (٥-١) :

لنفترض أنه يمكن وصف دالة منطقية معينة بالمعادلة البولية التالية :

$$F = A.B.C.D + \bar{A}.B.C.D + \bar{A}.B.\bar{C}.D + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.D$$

يبين شكل ٥ - ٣ جدول الحقيقة الممثل للمعادلة السابقة وتكون القيمة المنطقية للدالة F "1" عندما تتحقق الشروط بالنسبة لكل حد من حدود المعادلة وتأخذ F القيمة المنطقية "0" لباقي الشروط .

يمكن رسم خريطة كارنوف إما مباشرة من المعادلة البولية أو من جدول الحقيقة . إلا أننا يجب أن نلاحظ الآن أن القيمة "1" تكتب في كل خلية نصف حداً من حدود المعادلة و "0" في باقي الخلايا كما هو مبين في شكل ٥ - ٤ (أ) .

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

$$\rightarrow \bar{A}\bar{B}\bar{C}D = 1 \quad (4)$$

$$\rightarrow \bar{A}B\bar{C}D = 1 \quad (3)$$

$$\rightarrow \bar{A}BCD = 1 \quad (2)$$

$$\rightarrow ABCD = 1 \quad (1)$$

شكل ٥ - ٣ جدول الحقيقة للمثال ٥ - ١

		الأعمدة			
		1	2	3	4
الصفوف	1	0	1	0	0
	2	0	1	1	0
	3	0	0	1	0
	4	0	0	0	0

(أ)

		الأعمدة			
		1	2	3	4
الصفوف	1	0	1	0	0
	2	0	1	1	0
	3	0	0	1	0
	4	0	0	0	0

(ب)

شكل هـ - ؛ خرائط كارنوف للمثال هـ - ١

لننظر الآن إلى الخليتين المتجاورتين في الصفين ١، ٢ والمود رقم ٢. هاتان الخليتان تمثلان الحدين $\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$ و $\bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D$ في المعادلة البوليوية السابقة ويمكن اختصارهما باستخدام الجبر البولي كالتالي :

$$\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D = \bar{A} \cdot C \cdot D \cdot (B + \bar{B})$$

$$= \bar{A} \cdot C \cdot D$$

بالمثل بالنظر إلى الخليتين المتجاورتين في الصفين ٣، ٢ والمود الثالث واليتين تمثلان الحدين $A \cdot B \cdot C \cdot D$ و $A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$ نجد أنه يمكن اختصارهما كما يلي :

$$A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D = B \cdot C \cdot D \cdot (A + \bar{A})$$

$$= B \cdot C \cdot D$$

الذالك يمكن إعادة كتابة المعادلة المنطقية F كالتالى :

$$F = \bar{A}.\bar{C}.D + B.C.D$$

بالنظر مرة أخرى إلى خريطة كارنوف المبينة فى شكل ٥ - ٤ (أ) فإن الخلايا المتجاورة التى يمكن أن تؤدى إلى تبسيط المعادلة البوليوية يرسم حولها حلقة ، كما هو مبين فى شكل ٥ - ٤ (ب) .

ملحوظة : يمكن أن ترسم حلقة حول ٤ خلايا أو ٨ خلايا . . . الخ . وعادة نحاول أن نرسم حلقة حول أكبر عدد ممكن من الخلايا المتجاورة كما يمكن أيضاً أن تتداخل هذه الحلقات .

عندما يتم رسم حلقة حول خليتين من خلايا خريطة كارنوف فإن الحدين المكافئين لهاتين الخليتين يمكن ضمهما فى حد واحد بحيث يختفى المتغير الذى له قيمتان مختلفتان فى الخليتين .

عندما يتم رسم حلقة حول أربع خلايا متجاورة فإن الحدود الأربعة التى تمثلها الخلايا الأربع يمكن ضمهما فى حد واحد بحيث يختفى المتغيران اللذان لهما قيمتان مختلفتان فى الخلايا الأربع من هذا الحد .

عندما يتم رسم حلقة حول ثمانى خلايا متجاورة فإن الحدود الثمانية التى تمثلها الخلايا الثمانى يمكن ضمهما فى حد واحد بحيث يختفى من هذا الحد المتغيرات الثلاثة التى لها قيم مختلفة فى الخلايا الثمانى من هذا الحد .

بذلك يتضح لنا بعد دراسة مثال ٥ - ١ أنه يمكن كتابة المعادلة المبسطة للدالة المنطقية F مباشرة باستخدام الحلقتين المبينتين بشكل ٥ - ٤ (ب) كما يلي :

$$F = \bar{A}.\bar{C}.D + B.C.D$$

مثال (٥ - ٢) :

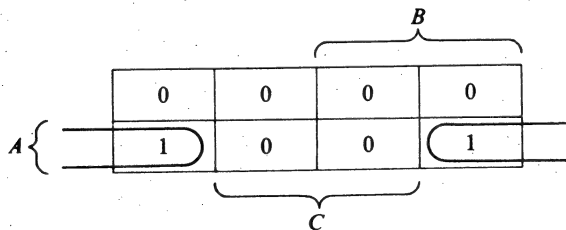
ارسم خريطة كارنوف للمعادلة البوليوية التالية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C} + A.B.\bar{C}$$

ثم استخدم طريقة الحلقات لتبسيط الدالة المنطقية .

شكل ٥ - ٥ يبين خريطة كارنوف ومنها تم رسم حلقة واحدة كما هو مبين وبذلك يمكن إعادة كتابة المعادلة كالتالى :

$$F = A.\bar{C}$$



شكل ٥ - ٥ خريطة كارنوف للمثال ٥ - ٢

مثال (٥-٣) :

ارسم خريطة كارنوف للدالة المنطقية F المعبر عنها بالمعادلة البولية التالية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C}.D + A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.B.C.D + \bar{A}.B.\bar{C}.D$$

استخدم طريقة الحلقات لتبسيط هذه الدالة .

خريطة كارنوف مبينة في الشكل ٥-٦ .

		C			
		0	0	0	0
		0	1	1	0
		0	0	0	0
A		1	1	0	0
		D		B	

شكل ٥-٦ خريطة كارنوف للمثال ٥-٣

ومن الحلقتين المبينتين في الشكل :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C} + \bar{A}.B.D.$$

مثال (٥-٤) :

ارسم خريطة كارنوف للدالة المنطقية F المعبر عنها بالمعادلة البولية :

$$F = A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + A.\bar{B}.C.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.C.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D}$$

استخدم طريقة الحلقات لتبسيط هذه الدالة .

شكل ٥-٧ يبين خريطة كارنوف .

		C			
		1	0	0	1
		0	0	0	0
		0	0	0	0
A		1	0	0	1
		D		B	

شكل ٥-٧ - خريطة كارنوف للمثال ٥-٤

هذا مثال

* ارسم حدود كل مصطلح في الخريطة
واحد تخطي ولفظ جديد
لكنه ضم ا و ربح هناك من تخطي

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{D} + A\bar{B}\bar{D}$$

$$F = \bar{B}\bar{D}(A + \bar{A})$$

$$F = \bar{B}\bar{D}$$

ومن الحلقة المبينة :

$$F = \bar{B} \cdot \bar{D}.$$

تمارين :

ارسم خرائط كارنوف للدوال التي يمكن وصفها بالمعادلات البولية التالية ثم استخدم طريقة الحلقات لتبسيط

هذه الدوال :

$$F = A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D.$$

- ١

$$F = A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}.$$

- ٢

$$F = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D}.$$

- ٣

$$F = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D}.$$

- ٤

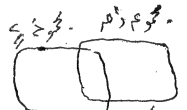
حتى الآن فإن خرائط كارنوف تكافئ جداول الحقيقة وتصف الدوال المنطقية باستخدام عمليات « و » و « أو » والنفي المنطقية . ولما كان معظم النظم العلمية يستخدم بوابات نفي « و » (NAND) وبوابات نفي « أو » (NOR) فقط فإنه يلزم دراسة كيفية استخدام خرائط كارنوف لتنفيذ ذلك .

	C				
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
A	1	1	1	0	B
	1	1	1	0	
	D				
	(1)				

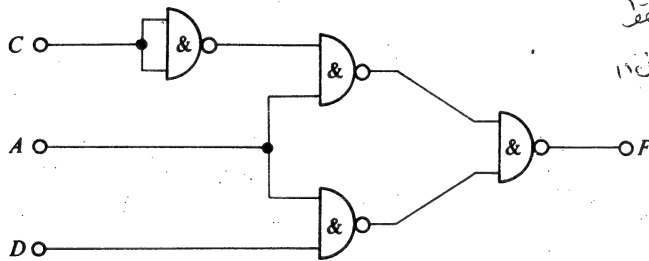
$$F = A\bar{C}D + ACD + A\bar{C}\bar{D}$$

$$F = A(\bar{C}D + CD)$$

$$F = A\bar{C}D + A(CD + \bar{C}\bar{D})$$



كل أربع عدد مصحوراً واحد فقط
ويختلف من حدين مصحورين
مجموعه



(ب)

شكل ٨ - خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ - ٥

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط .

مثال (٥ - ٥) :

لنفترض أن خريطة كارنوف المبينة في شكل ٥ - ٨ (أ) تمثل الدالة المنطقية F .
والمطلوب هو تحديد الشبكة المنطقية المركبة من بوابات نفي « و » (NAND) فقط والتي تنفذ الدالة F .
من الحلقتين المرسومتين يمكن كتابة الدالة المنطقية كالتالي :

$$F = A.D + A.\bar{C}$$

تصف هذه المعادلة الدالة المنطقية باستخدام عمليات « و » (AND) و « أو » (OR) والنفي (NOT) ويمكن كتابة المعادلة مرة ثانية باستخدام طرق المعاملة البولية الجبرية كما يلي :

$$\bar{F} = \overline{A.D + A.\bar{C}}$$

$$= \overline{A.D} . \overline{A.\bar{C}}$$

$$\therefore F = \overline{\overline{A.D} . \overline{A.\bar{C}}}$$

من الواضح أن المعادلة الأخيرة يمكن تنفيذها مباشرة باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) كما هو مبين في

شكل ٥ - ٨ (ب) .

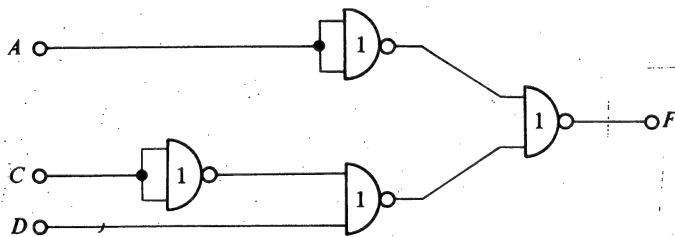
مثال (٥ - ٦) :

في هذا المثال ندرس الدالة المنطقية المستخدمة في مثال ٥ - ٥ وقد تم إعادة رسم خريطة كارنوف لهذه الدالة

في شكل ٥ - ٩ (أ) .

A				B			
D	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0

(أ)



(ب)

شكل ٥ - ٩ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ - ٦ .

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .

افترض أن المطلوب هو تصميم شبكة منطقية لتحقيق هذه الدالة باستخدام بوابات نفى «أو» (NOR) فقط .
يكون أكثر ملاءمة ، استنباط العلاقة البولية التي تصف الدالة F برسم حلقات حول الخلايا التي تحتوى على "0"
عندما نريد شبكة منطقية من بوابات نفى «أو» (NOR) فقط .

وعلى ذلك فباستخدام الحلقتين المرسوميتين في شكل ٥ - ٩ يمكن كتابة متمم الدالة F كالتالى :

$$\bar{F} = \bar{A} + C \cdot \bar{D}$$

وهذه المعادلة يمكن تنفيذها ببوابات «و» (AND) ، «أو» (OR) والنفى (NOT) .

ويمكن إعادة كتابة المعادلة البولية السابقة كالتالى :

$$\bar{F} = \bar{A} + \overline{\bar{C} + D}$$

وبإيجاد الدالة الأصلية F :

$$F = \overline{\bar{A} + \overline{\bar{C} + D}}$$

وهذه المعادلة تحتوى على حدود يمكن تنفيذها مباشرة باستخدام بوابات نفى «أو» (NOR) كما هو مبين في شكل ٥ - ٩ (ب) .

يحدث أحياناً في التطبيقات العملية أن خلية (أو مجموعة من الخلايا) يمكن أن تحتوى على "0" أو "1" وفى هذه الخلايا نكتب بدلا من "0" أو "1" «الرمز» * .

X		Y		F
A	B	C	D	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

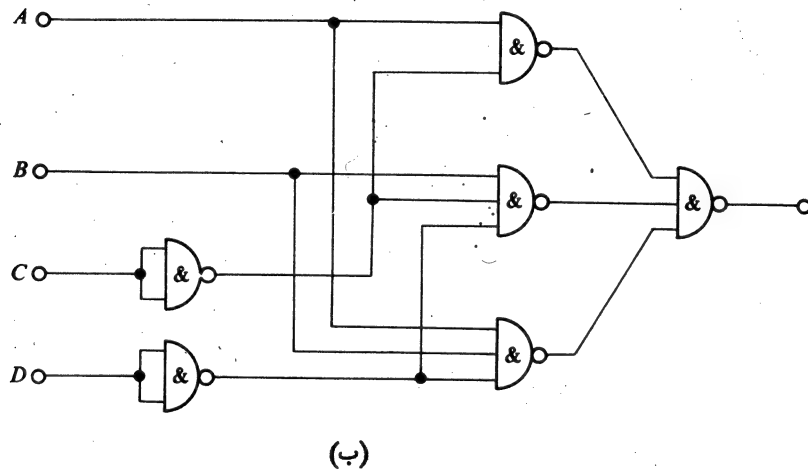
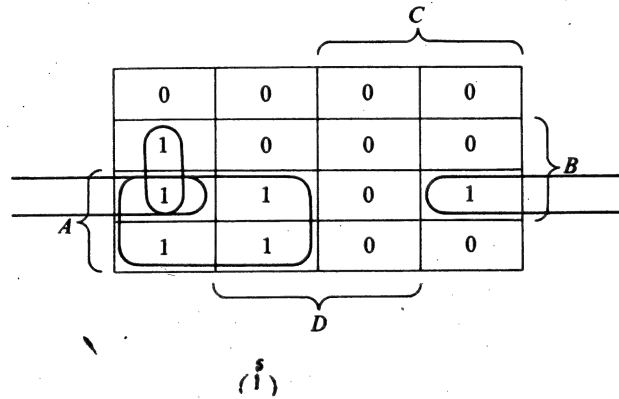
شكل ٥ - ١٠ جدول الحقيقة للمثال ٥ - ٧

ويمكن عند رسم الحلقات في خريطة كارنوف إدخال أو استبعاد الخلايا التي تحتوي على * لاستكمال الحلقات .

مثال (٧-٥) :

ستدرس في هذا المثال نظاماً منطقياً له أربع إشارات داخلية يرمز لها بالرموز D, C, B, A لنفترض أن الإشارات المنطقية A و B تمثل العدد الثنائي X حيث تمثل الإشارة A الرقم الأعلى قيمة في العدد X . وبالمثل نفترض أن الإشارات C و D تمثل العدد الثنائي Y حيث تمثل الإشارة C الرقم الأعلى قيمة في العدد Y .

تكون القيمة المنطقية للخرج F لهذا النظام في الحالة المنطقية "1" عندما يكون العدد الثنائي X أكبر من العدد الثنائي Y وتكون "0" في باقي الحالات .



شكل ١١ - ٥ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٧ - ٥

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط .

(أ) ارسم خريطة كارنوف لهذا النظام المنطقي الذي تم تعريفه واستخدم طريقة الحلقات لتحديد المعادلة البولي المبسطة لتنفيذ الدالة F .

(ب) ارسم الشبكة المنطقية الممثلة للمعادلة باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط .

(أ) ننصح القارئ في مثل هذه الحالات بأن يبدأ بكتابة جدول الحقيقة الذي يمثل هذه الدالة F كما هو مبين في شكل ١١ - ٥ .

يمكن الآن رسم خريطة كارنوف بسهولة من جدول الحقيقة كما هو مبين في شكل ١١ - ٥ (أ) .

بما أن المطلوب هو استخدام بوابات نفي « و » (NAND) فقط . فإن الخلايا التي يجب اعتبارها هي الخلايا التي تحتوي على "1" .

من الحلقات الثلاث المرسومة في خريطة كارنوف يمكننا كتابة المعادلة البولي .

$$F = A.\bar{C} + B.\bar{C}.\bar{D} + A.B.\bar{D}$$

(ب) المعادلة السابقة تصف الدالة F باستخدام العمليات الأساسية « و » (AND) و « أو » (OR) والنفي (NOT) ولإيجاد المعادلة التي تصف F باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) نستخدم العمليات الجبرية البولي الآتية :

$$\begin{aligned}\bar{F} &= \overline{A.\bar{C} + B.\bar{C}.\bar{D} + A.B.\bar{D}} \\ &= \overline{A.\bar{C}} . \overline{B.\bar{C}.\bar{D}} . \overline{A.B.\bar{D}}\end{aligned}$$

X		Y		F
A	B	C	D	
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

شكل ١٢ - ٥ جدول الحقيقة للمثال ٥ - ٨

أخيراً نحسب متمم طرفي المعادلة كأنسبى :

$$F = \overline{A \cdot \bar{C} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}} \cdot \overline{A \cdot B \cdot \bar{D}}$$

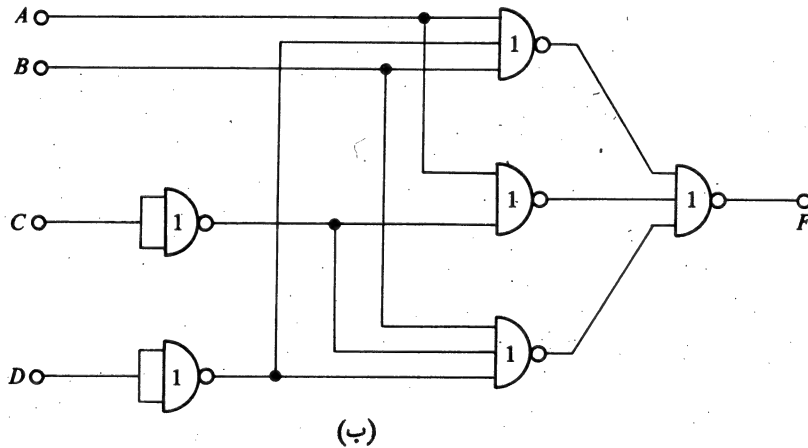
ويتم رسم الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « و » (NAND) كما في شكل ٥ - ١١ (ب)

مثال (٥ - ٨) :

يدرس هذا المثال نظاماً منطقياً شبيهاً بالنظام المنطقى المعروف فى المثال السابق (٥ - ٧) ولكن تكون القيمة المنطقية للدالة F "1" عندما يكون العدد الثنائى X أكبر من أو يساوى العدد الثنائى Y وتكون قيمة F "0" فى باقى الحالات .

أوجد المعادلة المنطقية البوليوية للدالة F والشبكة المنطقية التى تحققها باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .

				C
1	0	0	0	
1	1	0	0	
1	1	1	1	B
1	1	0	1	
				D
				(1)



شكل ٥ - ١٣ خريطة كارنوف والشبكة المنطقية للمثال ٥ - ٨

(أ) خريطة كارنوف . (ب) الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفي « أو » (NOR) فقط .

يبين شكل ٥ - ١٢ جدول الحقيقة للدالة F ومنه يمكن رسم خريطة كارنوف كما في الشكل ٥ - ١٣ (أ) .

ولما كان المطلوب هو تنفيذ الشبكة المنطقية باستخدام بوابات نفى « أو » (NOR) فقط فإننا نرسم الحلقات التي تحيط بالحالة المنطقية "0"، وبذلك يمكننا استنتاج المعادلة :

$$\bar{F} = \bar{A}.\bar{B}.D + \bar{A}.C + \bar{B}.C.D$$

$$\therefore F = \overline{\bar{A}.\bar{B}.D + \bar{A}.C + \bar{B}.C.D}$$

ويمكن الآن تحويل هذه المعادلة لصورة مناسبة لتحقيقها باستخدام بوابات نفى « أو » كما يلي :

$$F = \overline{A+B+\bar{D}} + \overline{A+\bar{C}} + \overline{B+\bar{C}+\bar{D}}$$

يبين شكل ٥ - ١٣ (ب) الشبكة المنطقية للمعادلة الأخيرة .

مثال (٥-٩) :

تمثل الإشارات الأربع الداخلة لنظام منطقي A و B و C و D عدداً ذا أربع وحدات ثنائية وتمثل A الرقم الثنائي الأعلى قيمة . والمطلوب تصميم شبكة منطقية تنفذ الدالة F بحيث تكون الدالة F في الحالة المنطقية "1" عندما يكون العدد الداخل للنظام أصغر من ثمانية وتكون الدالة F في أى من الحالتين المنطقتين "1" أو "0" عندما يكون العدد الداخل للنظام أكبر من أحد عشر .

أوجد المعادلة البولية المبسطة التي تصف هذا النظام باستخدام خريطة كارنوف .

A	B	C	D	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	*
1	1	0	1	*
1	1	1	0	*
1	1	1	1	*

شكل ٥ - ١٤ - جدول الحقيقة للمثال ٥ - ٩

		C			B
		1	1	1	
A	1	1	1	1	
	1	1	1	1	
	*	*	*	*	
	1	0	0	0	
		D			

شكل ٥ - ١٥ - خريطة كارنوف للمثال ٥ - ٩

يمكن كتابة جدول الحقيقة للدالة F ورسم خريطة كارنوف لها كما هو مبين في شكل (٥ - ١٤) و (٥ - ١٥).

باستخدام الحلقتين المرسوميتين في خريطة كارنوف ، يمكننا استنتاج المعادلة : -

$$F = \bar{A} + \bar{C}.D$$

ويمكن للقارئ الآن استخدام الطرق المشروحة سابقاً للحصول على شبكة منطقية تستخدم بوابات نفى « و » (NAND) فقط وشبكة أخرى تستخدم بوابات نفى « أو » (NOR) للنظام في المثال ٥ - ٩ .

ملحوظة : يجب أن نؤكد أنه كان من الممكن استنتاج خرائط كارنوف مباشرة في الأمثلة من ٥ - ٧ إلى ٥ - ٩ من الوصف المنطقي للنظام ولكننا كتبنا جداول الحقيقة لتسهيل هذه العملية .

الفصل السادس

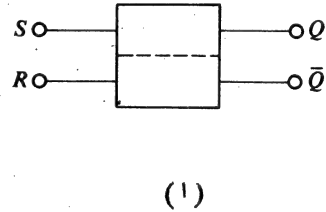
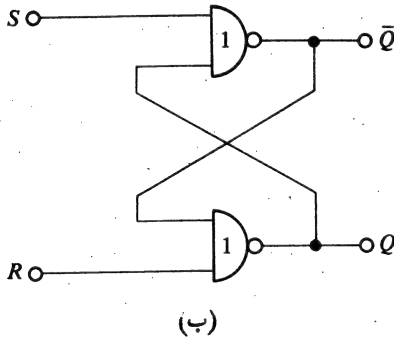
العناصر ثنائية الاستقرار

٦ - ١ مقدمة

للعناصر ثنائية الاستقرار حالتان يمكنها الاستقرار أو الاتزان في أيهما كما يمكن تغيير العنصر من حالة مستقرة إلى الحالة المستقرة الأخرى بتوصيل إشارة للعنصر . هذه الأجهزة تمثل نوعاً بسيطاً من أنواع الذاكرة وذلك لأن حالة الخرج في أي لحظة يتحدد بالإشارة الداخلة عند لحظة سابقة . ويطلق على هذه العناصر في بعض الحالات إسم الدوائر القلابة أو الذاكرة الثابتة الساكنة . . . الخ . وتسمى النظم التي تدخل هذه العناصر في تركيبها بالنظم المنطقية المتسلسلة .

٦ - ٢ دائرة قلابة من نوع S-R

يبين شكل ٦ - ١ الرمز المنطقي للدائرة القلابة من نوع S-R كما يبين شبكة منطقية يمكنها محاكاة عمل هذه الدائرة . يلاحظ أن هذه الدائرة تتكون من بوابتين من نوع نفى « أو » (NOR) متصلتين بطريقة متداخلة كما هو مبين في شكل ٦ - ١ (ب) .



شكل ٦ - ١ دائرة قلابة من نوع S-R

من التعريف الأساسي لهذه الدائرة القلابة فإنه عندما تكون الإشارة المؤثرة على الدخل S "1" يكون الخرج عند Q في الحالة المنطقية "1" . بغض النظر عن حالة Q السابقة وفي نفس الوقت تكون الحالة المنطقية للخرج Q "0" . وإذا أثرنا على الدخل R بالإشارة "1" تصبح الحالة المنطقية للخرج Q "0" . والحالة المنطقية للخرج Q "1" . أما إذا تم التأثير على كل من S و R في نفس الوقت بالإشارة المنطقية "1" فإن حالة الخرج المنطقية تصبح غير محددة وغير معروفة ويجب محاولة تفادي ذلك .

لأن الاهتزازات الداخلية الناتجة يمكن أن تدمر الدائرة القلابة لو كانت مصنعة من مكونات منفصلة .
يمكن كتابة جدول الحقيقة لهذه الدائرة القلابة كما في شكل ٦-٢ حيث تمثل Q_{t-1} حالة الخرج Q قبل
تأثير الإشارات الداخلة عند S و R وتمثل Q_t حالة الخرج عند Q بعد التأثير بالإشارات عند S و R .

الكلاسا هنا عن Q فقط

S	R	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0	0
0	0	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	1	0	*
1	1	1	*

الحالة قبل تبديل
الإشارة على
R و S
الحالة بعد تبديل
الإشارة على
R و S

حالة غير محددة
أو معروفة

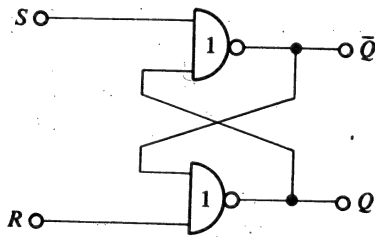
شكل ٦-٢ جدول الحقيقة لدائرة قلابة من نوع $S-R$.

ملحوظة : يلاحظ أن الدائرة القلابة من نوع $S-R$ والمنفذة باستخدام بوابتين متداخلتين من نوع نفي «أو»
(NOR) لن يتم تدميرها عند التأثير على كل من S, R بالإشارة «1» بل سيصبح الخرج في هذه
الحالة عند كل من Q و \bar{Q} في الحالة المنطقية «0» .

تمرين عمل ١٦ :

دائرة قلابة من نوع $S-R$

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٦-٣ والتي تستخدم بوابات نفي «أو» (NOR) فقط .



شكل ٦-٣ دائرة $S-R$ القلابة باستخدام شبكة بوابات نفي «أو» (NOR)

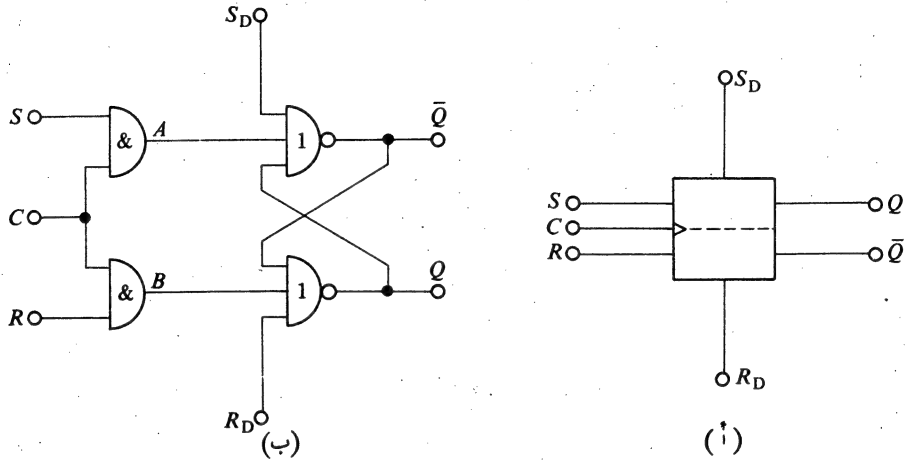
استنتج جدول الحقيقة لهذه الدائرة بالتأثير عند S و R بجميع توافقيات الإشارات الممكنة .

كرر هذا التمرين باستخدام بوابتين متداخلتين من نوع نفي «و» (NAND) .

ملحوظة : يلاحظ أن الإشارات المؤثرة عند S و R في حالة استخدام بوابات نفي «و» (NAND) هي متممة
للإشارات المذكورة في حالة بوابات نفي «أو» (NOR) .

٦ - ٣ دائرة قلابية متزامنة من نوع S-R

يبين شكل ٦ - ٤ الرمز المنطقي والشبكة المنطقية لدائرة قلابية متزامنة من نوع S-R والتي تشبه إلى حد كبير الدائرة القلابية من نوع S-R والتي سبق تقديمها مع إضافة إشارة ثالثة على مدخل ثالث يسمى مدخل الساعة C (و أحياناً يرمز له بالرموز CK أو CLK).



شكل ٦ - ٤ دائرة قلابية متزامنة من نوع S-R .
(أ) الرمز المنطقي . (ب) الشبكة المنطقية .

عندما تصبح الإشارة على مدخل الساعة C في الحالة المنطقية « 1 » تصبح الإشارة الموجودة عند A, B مساوية للإشارة الموجودة على S, R على التوالي وبذلك لا يمكن تغيير حالة الدائرة القلابية إلا عندما تكون إشارة الساعة الداخلة على C في الحالة المنطقية « 1 » .

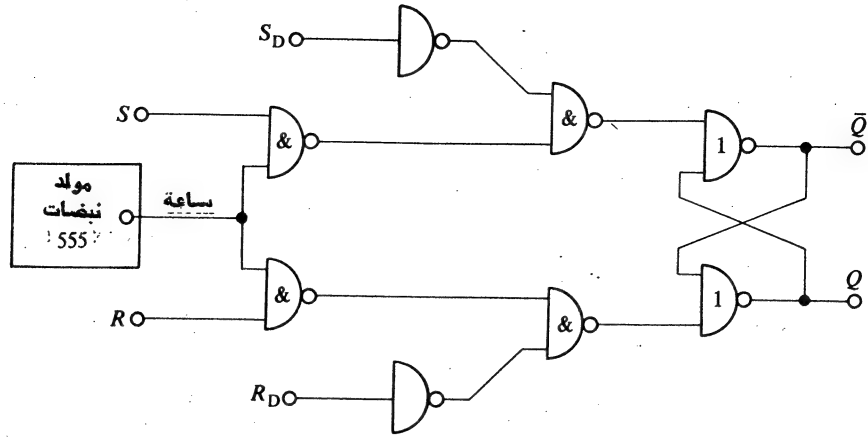
يمكن أيضاً تزويد الدائرة القلابية المتزامنة بمدخل أخرى S_D و R_D لتتحكم في عمليات تغيير حالة القلاب بدون أى تأثير من الساعة ويطلق على هذه المدخلات PRECLER و PRESET .
تمرين عمل ٦ ب :

دائرة قلابية متزامنة من نوع S-R

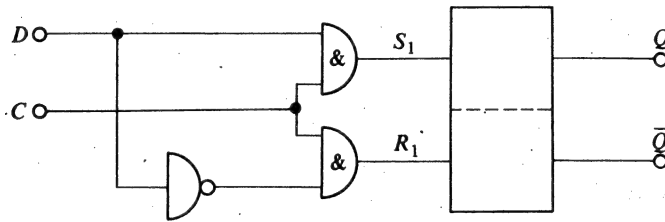
قم بتوصيل الشبكة المنطقية للدائرة القلابية المتزامنة من نوع S-R كما هو مبين في شكل ٦ - ٥ .
اضبط تردد النبضات من مولد النبضات 555 لتردد مناسب وادرس عمل الدائرة القلابية المرسومة باستخدام توافقيات الإشارات الممكنة على المدخلات S, R .
فك توصيلة مولد النبضات وادرس تأثير ذلك على عمل الدائرة القلابية وتأثير الإشارات الداخلة على S_D, R_D

٦ - ٤ دائرة قلابية من نوع D

استنبط هذا النوع من الدائرة القلابية للتغلب على المشاكل التي ظهرت في دوائر S-R القلابية والتي تتمثل في أنه عندما تكون الإشارتان الداخلتان على S, R لهما في نفس الوقت القيمة المنطقية « 1 » فإن حالة الخرج تكون غير محددة .



شكل ٦ - ٥ الشبكة المنطقية للدائرة القلابية المتزامنة من نوع S - R .



شكل ٦ - ٦ الدائرة القلابية من نوع D .

وأمكن التغلب على ذلك في الدائرة القلابية من نوع D بالتأكد من أن R, S تم كل منهما الأخرى ، ويتأتى ذلك بتوصيل إشارة على S وعكسها (متممها) على R عن طريق بوابة نفي (NOT) كما هو موضح في شكل ٦ - ٦ .
يبين شكل ٦ - ٧ جدول الحقيقة للدائرة القلابية من نوع D .

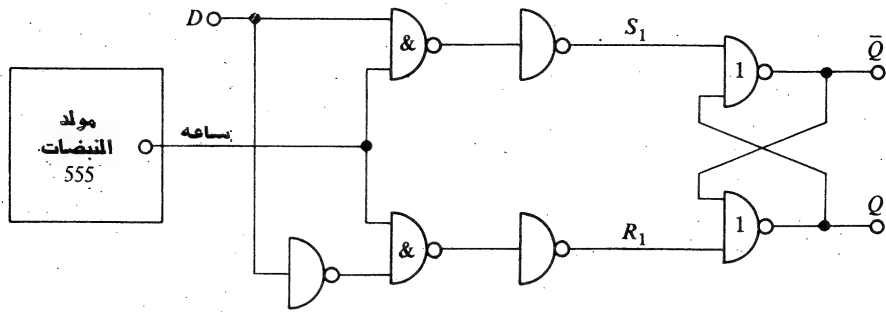
D	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

شكل ٦ - ٧ جدول الحقيقة لدائرة قلابية متزامنة من نوع D

تمرين على ٦ ج :

دائرة قلابية من نوع D

قم بتوصيل الشبكة المنطقية لدائرة قلابية من نوع D كما هو مبين في شكل ٦ - ٨ وتحقق من عملها .

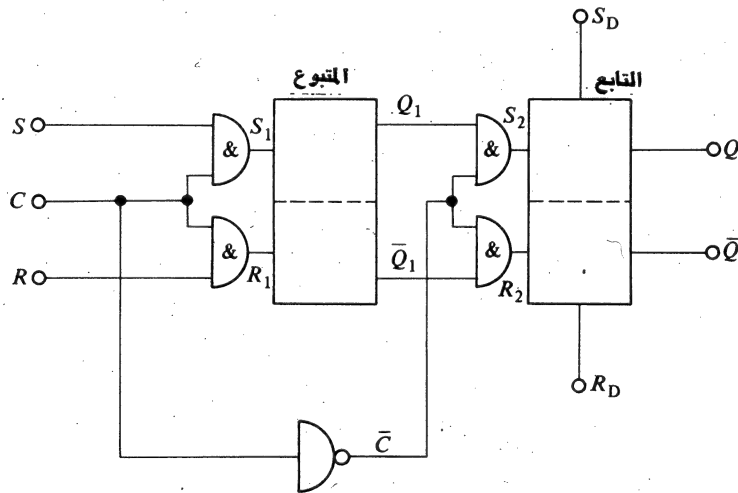


شكل ٦ - ٨ توصيلة دائرة قلابة من نوع D

٦ - ٥ قاعدة التابع / المتبوع

في الدائرة القلابة المترابطة من نوع S-R ومن نوع D تتم عملية التغير عند حافة النبضة التي تحدث عند تغير إشارة الساعة من « 0 » إلى « 1 » أى على الحافة الصاعدة في النبضة الموجبة المؤثرة عند C . ويؤدي هذا في بعض الأحيان إلى مشاكل في التزامن عند توصيل هذا النوع من الدوائر القلابة في شبكة عدادات وقد تم تصميم نظام التابع - المتبوع للتغلب على هذه المشاكل . ويشبه الرمز المنطقي للدائرة القلابة من نوع التابع - المتبوع إلى حد كبير الرموز التي درست حتى الآن .

تستخدم دائرة التابع - المتبوع القلابة اثنتين من الدوائر القلابة من نوع S-R موصلتين على التوالي بحيث يكون مدخلا الساعة لهما متتامان كما هو مرسوم في شكل ٦ - ٩ .



شكل ٦ - ٩ دائرة قلابة من نوع التابع - المتبوع

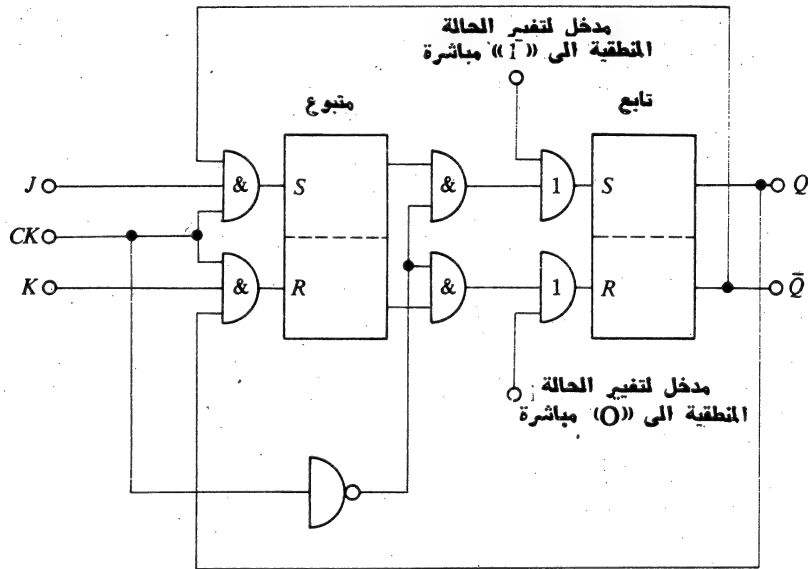
من الواضح أن الدائرة القلابة للمتبوع يمكن أن تتغير للحالة المنطقية « 1 » أو « 0 » عندما يكون مدخل الساعة C في الحالة « 1 » أى على الحافة الصاعدة لنبضة الساعة . في نفس الوقت تكون الدائرة القلابة للتابع مجمدة .

وغير قابلة للتغيير بسبب أن مدخل الساعة لها يكون في الحالة « 0 ». وعندما تصبح الإشارة المؤثرة على مدخل الساعة « 0 » وعند الحافة النازلة لنبضة الساعة تصبح الإشارة المؤثرة على الدائرة القلابة التابع « 1 » وتتغير الدائرة إلى الحالة الجديدة للدائرة القلابة المتبوع . هذه الطريقة يلاحظ أنه يتم تجهيز النظام وذلك بوضع المتبوع في الحالة المنطقية « 0 » أو « 1 » عند الحافة الصاعدة لنبضة الساعة وعند الحافة النازلة لنفس النبضة يتم نقل حالة المتبوع للتابع وبذلك لا يتم ظهور الإشارة عند خروج الدائرة القلابة من نوع التابع والمتبوع إلا عند الحافة النازلة الأخيرة لنبضة الساعة .

٦ - ٦ دائرة قلابة من نوع J—K

يلاحظ أن هناك توصيلات إرجاع للإشارة بين الخرج والمداخل في دوائر العدادات التي تصمم باستخدام الدوائر القلابة . وبسبب حساسية الدوائر القلابة العادية لحافة نبضة الساعة يمكن حدوث تذبذب بين الحالة المنطقية « 1 » والحالة المنطقية « 0 » لهذه الدوائر طالما بقي الدخل من الساعة له القيمة المنطقية واحد . ولهذا تم تصميم الدائرة القلابة للتابع والمتبوع لتغلب على هذا النوع من المشاكل .

وصممت الدوائر القلابة من نوع J—K للحصول على المزايا المشتركة لكل من الدوائر القلابة من نوع S—R ومن نوع التابع - المتبوع وبين شكل ٦ - ١٠ توصيلة دائرة قلابة من نوع J—K .



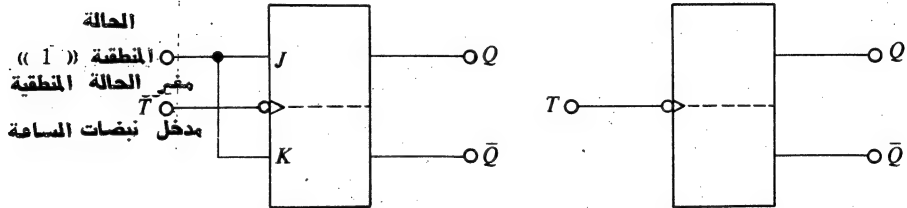
شكل ٦ - ١٠ دائرة قلابة من نوع J—K

يبين شكل ٦ - ١٠ جدول الحقيقة للدائرة القلابة من نوع J—K .

عندما يكون كل من الإشارتين المؤثرتين عند J ، K تساوى « 1 » تعمل الدائرة القلابة على تغيير حالتها المنطقية عند الخرج Q عند آخر كل نبضة ساعة كما هو مبين في شكل ٦ - ١٢ . في هذه الحالة يطلق على الدائرة القلابة أنها من النوع T . وهو اختصار لكلمة TRIGGER وذلك لأن هذه الدائرة القلابة تغير حالتها بعد كل نبضة ساعة بغض النظر عن حالتها الأصلية .

J	K	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

شكل ١١-٦ جدول الحقيقة لدائرة قلابية من نوع J—K .



شكل ١٢-٦ دائرة قلابية من النوع T .

يلاحظ أن الدائرة القلابية من نوع J—K من أحسن الدوائر في الاستعمال لأن لها معظم مميزات الدوائر القلابية المترابطة كما يلاحظ أن الدائرة القلابية من نوع D هي أكثرها استعمالاً عندما يكون المطلوب تغيير حالة الدائرة عند حافة النبضات كما أنها تتوفر في معظم أنواع الدوائر المنطقية المتكاملة .

الفصل السابع

عمليات الحساب الثنائي

٧ - ١ مقدمة

تعتبر عملية الجمع من أهم العمليات الحسابية إذ يمكن تنفيذ العمليات الحسابية الأربع الجمع والطرح والضرب والقسمة بممارسة الجمع وتنقسم الدوائر المستخدمة في عمليات الجمع إلى مجموعتين نصف جامع وجامع تام .

يعطى نصف الجامع حاصل جمع رقين ثنائيين ورقاً يمثل المرحل . وتنفذ كل مرحلة من مراحل الجامع التام عملية جمع كاملة على رقين ، واحد من كل من العددين المطلوب جمعهما مع الرقم المرحل من مرحلة الجمع السابقة وينتج عن هذه العملية رقم ثنائي يمثل المجموع ورقم ثنائي آخر يمثل الرقم المرحل للعملية التالية . ويمكن أن تصمم دوائر الجمع إما للعمل على التوالى أو على التوازي . في حالة الجمع على التوالى تتم عملية الجمع بطريقة متسلسلة بدءاً من الرقم الأصغر قيمة (LSD) أى الرقم الموجود في أقصى يمين العدد بينما في حالة الجمع على التوازي تتم عملية جمع أرقام العددين المطلوب جمعهما في نفس الوقت تقريباً . ولهذا يكون الجمع على التوازي أسرع بكثير من الجمع على التوالى ولكنه يكون أكثر تعقيداً وأعلى في تكاليفه من الجمع على التوالى .

٧ - ٢ الجمع في الحساب الثنائي

يتم تطبيق قواعد الحساب الأساسية في جمع أى عددين بغض النظر عن أساس النظام العددي لهما فثلاً عند جمع عددين في الحساب الثنائي :

ابدأ من الرقم الأصغر قيمة (LSD) ، أى في أقصى يمين العدد ، واجمع كل رقين كما يلي :

(أ) إذا كان عدد الأرقام من ذات القيمة « 1 » المطلوب جمعها زوجياً تكون نتيجة الجمع « 0 » وحساب الرقم المرحل للخطوة التالية اقم عدد الأرقام الفعلية ذات القيمة « 1 » على 2 ونتيجة القسمة تساوى الرقم المرحل . انقل الرقم المرحل لخطوة الأرقام التالية :

(ب) إذا كان عدد الأرقام من ذات القيمة « 1 » المطلوب جمعها فردياً تكون نتيجة الجمع « 1 » . ثم اطرح « 1 » من عدد الأرقام الفعلية ذات القيمة « 1 » واقم الناتج من عملية الطرح على 2 . وخارج القسمة هو الرقم المرحل لخطوة الأرقام التالية .

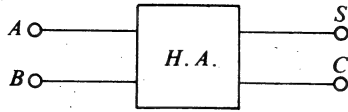
مثال ٧ - ١ :

اجمع الرقين الثنائيين المكافئين للرقين العشريين 46 و 22 .

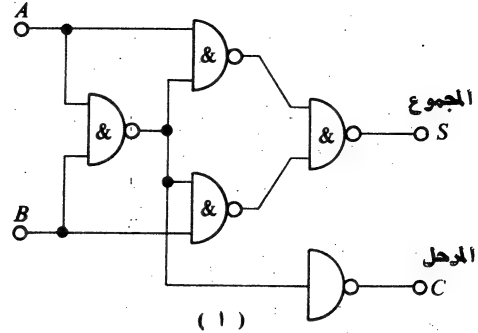
$$101110 \equiv 46$$

$$10110 \equiv 22$$

$$\underline{1000100} \equiv 68$$



(ب)



(أ)

شكل ٧ - ١ نصف جامع - (أ) الشبكة المنطقية (ب) الرمز المنطقي

يبين شكل ٧ - ١ الشبكة المنطقية لنصف جامع وتتكون من بوابة « أو » المفردة (Exclusive - OR) بالإضافة إلى بوابة « نفي » (NOT) وتستطيع هذه الشبكة تنفيذ عملية جمع رقمين ثنائيين .

يبين شكل ٧ - ٢ جدول الحقيقة لنصف جامع .

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

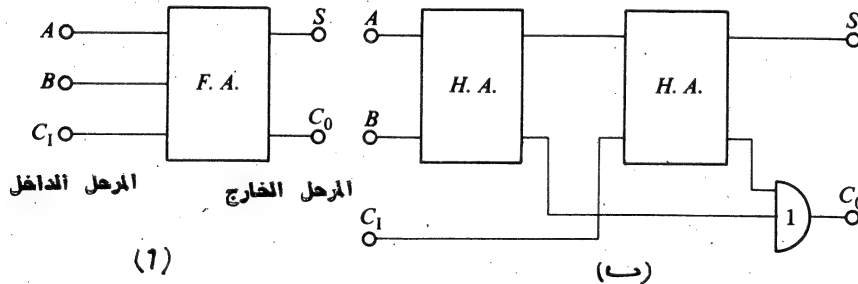
شكل ٧ - ٢ جدول الحقيقة لنصف جامع .

يمكن كتابة المعادلات البولية التي تصف نصف الجامع كالتالي :

$$S = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

$$C = A \cdot B$$

and



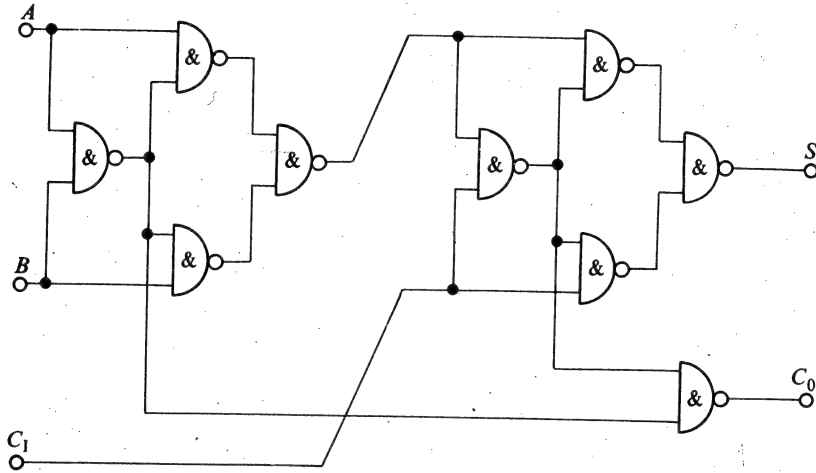
(١)

(ب)

شكل ٧ - ٣ - جامع تام (أ) الرمز المنطقي (ب) باستخدام نصفي جامع

من الواضح أن نصف الجامع يمكنه أن يقوم بجمع رقمين ثنائيين فقط وبذلك يمكنه جمع الرقمين الموجودين في أقصى اليمين للمعددين المطلوب جمعهما ولكن لا نستطيع استخدامه مباشرة لجمع جميع أرقام العددين نظراً لاحتمال وجود رقم ثالث يدخل في عملية الجمع مرحل من عملية جمع سابقة . ولهذا السبب فقد تم عمل دائرة تقوم بعملية الجمع لثلاثة أرقام ثنائية وتسمى جامعاً تاماً . والجامع التام ثلاثة مداخل ويمكن تكوين الجامع التام بتوصيل اثنين من أنصاف الجوامع كما هو مبين في شكل ٧ - ٣ .

يبين شكل ٧ - ٤ الشبكة المنطقية للجامع التام وقد تم تكوينه من بوابات نفى « و » (NAND) .



شكل ٧ - ٤ توصيلة جامع تام باستخدام بوابات نفى « و » (NAND) .

تمرين على ٧ أ :

نصف جامع

قم بتوصيل الشبكة المنطقية لنصف الجامع المبين في شكل ٧ - ١ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7400 والتي تتكون من أربع دوائر كل منها تحتوي على بوابة نفى « و » (NAND) بمدخلين وتكتب ($1 \times \text{SN 7400}$) (QUAD 2i/p NAND) مع دائرة متكاملة $1/6 \times \text{SN 7404}$ (بوابة نفى NOT) .

جرب توصيل كل توافقيات الإشارات الداخلة الممكنة على A, B, وسجل قراءة كل من المجموع S والمرحل C واختبر صحة جدول الحقيقة المبين في شكل ٧ - ٢ .

تمرين على ٧ ب :

جامع تام

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة في شكل ٧ - ٤ لجامع تام باستخدام الدوائر المتكاملة من نوع SN 7400 وتفصيلها ($2 \frac{1}{4} \times \text{SN 7400 QUAD 2 i/p NAND}$) .

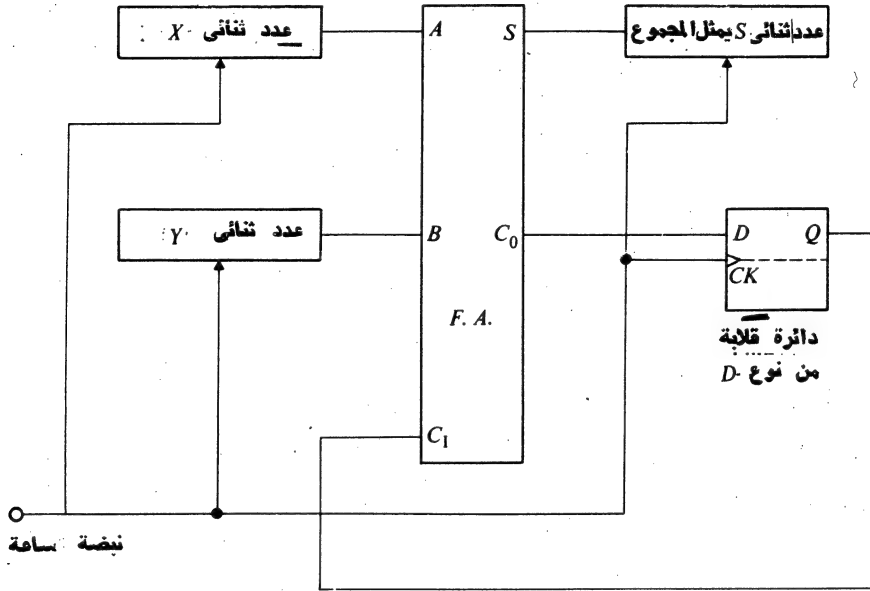
جرب توصيل كل توافقيات الإشارات الداخلة على A, B, C₁ لتحديد جدول الحقيقة للشبكة المنطقية للجامع التام .

٧ - ٣ الجامع على التوالي

يستطيع الجامع التام الذي قنا بتقديمه أن يجمع ثلاثة أرقام ثنائية . تمثل هذه الأرقام الثلاثة الثنائية عملية جمع كاملة

لعمود واحد (رقين) مع رقم ثنائي ثالث يجب جمعه ويمثل الرقم الذي تم ترحيله من جمع عمود سابق (المرحل السابق). سوف نقدم الآن العملية الكاملة لجمع عددين ثنائيين.

في عملية الجمع على التوالى يتم ظهور الأرقام الثنائية المكونة للعددين المطلوب جمعهما بصورة متسلسلة ومتزامنة على أطراف الإدخال في الجامع على التوالى A, B, ويبين شكل ٧ - هـ توصيلة بسيطة للجامع على التوالى.



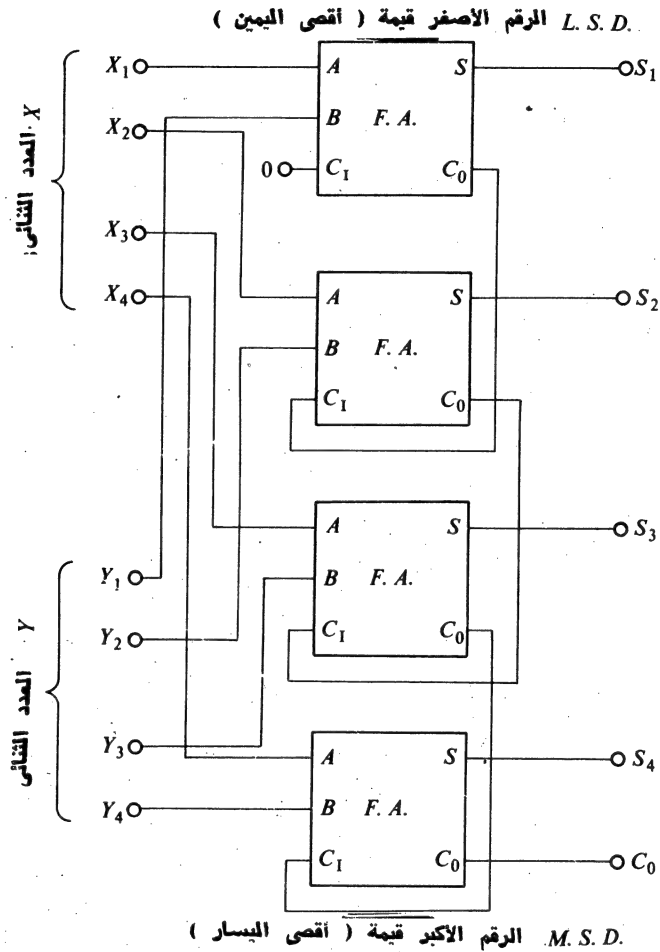
شكل ٧ - هـ جامع على التوالى .

يتم تخزين العددين X, Y المطلوب جمعهما وتخزين ناتج عملية الجمع S في سجل إزاحة (أنظر الفصل الثامن). يتم نقل كل رقم من أرقام العددين X و Y إلى الجامع تحت تأثير نبضة ساعة للتحكم في التزامن بدءاً من الرقم الأصغر قيمة (LSD) (الرقم الموجود في أقصى اليمين). يلاحظ أن هذا الجامع يستخدم نفس نبضة الساعة للتحكم في نقل الأرقام إلى مداخل الجامع، ومسجل المجموع والدائرة القلابية من نوع D. وبذلك يتحقق التأثر الزمنى اللازم لنقل الرقم المرحل من عملية الجمع خلال الدائرة القلابية إلى المدخل C1 للجامع التام.

إذا افترضنا أن خرج الدائرة القلابية قبل بدء عملية الجمع Q كان في الحالة «0» فإنه عند ظهور النبضة الأولى للساعة ينتقل الرقن الأصغر قيمة (أقصى اليمين) إلى المداخل A, B للجامع التام. عند ذلك يظهر المجموع S والمرحل C0 عند ظهور النبضة التالية للساعة ينتقل الرقن التاليان من العددين X, Y إلى مداخل الجامع التام A, B. ويزاح المجموع السابق S إلى داخل مسجل الإزاحة كما تنتقل الإشارة الممثلة للمرحل من العملية السابقة خلال الدائرة القلابية لتظهر على الخرج Q للدائرة القلابية وبذلك يصل المرحل إلى المدخل C1 للجامع التام. يتم تكرار العملية السابقة في كل نبضة من نبضات الساعة حتى يتم التعامل مع جميع الأرقام المكونة للعددين X, Y ويحتزن المجموع S في السجل.

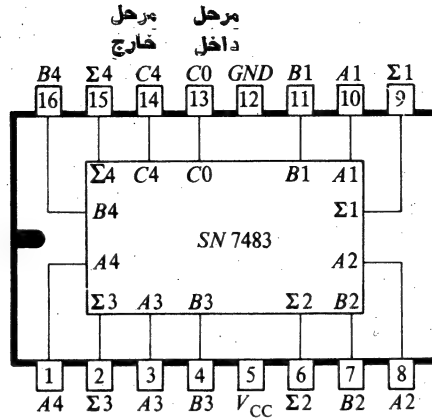
٧ - ٤ الجامع على التوازي

يقوم الجامع على التوازي بتنفيذ عملية جمع عددين بسرعة كبيرة جداً بالمقارنة بالجامع على التوالى . لكن الجامع على التوازي يتطلب عدداً أكبر من الدوائر بحيث يكون لكل رقمين ثنائيين فى العددين المطلوب جمعهما جامع تام . يبين شكل ٧ - ٦ توصيلة لجامع على التوازي يمكنه جمع عددين كل منهما يتكون من أربعة أرقام ثنائية ويطلق عليه جامع تام رباعى ، تحب مراعاة وضع مخارج المرحل فى توصيلة الجامع على التوازي فى الحالة « 0 » قبل بدء أى عملية جمع جديدة وذلك لضمان صحة النتائج .



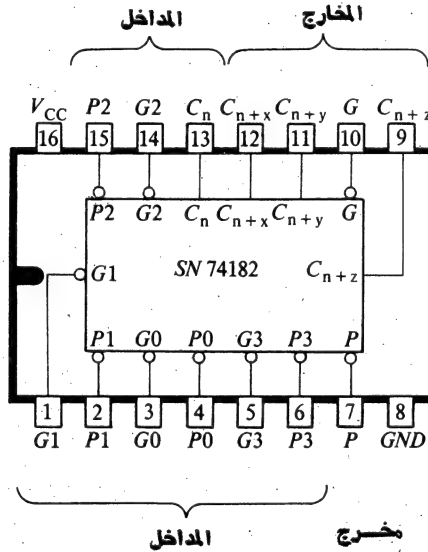
شكل ٧ - ٦ جامع على التوازي لأربعة أرقام ثنائية .

يمكن الحصول على التوصيلة المبينة فى شكل ٧ - ٦ من الدائرة المتكاملة رقم SN7483 التى تقوم بجمع عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية . يبين شكل ٧ - ٧ هذه الدائرة حيث يرمز للمدئين الثنائيين المطلوب جمعهما بالرمز A, B والمجموع بالرمز Σ (الحرف اليونانى سيجما) .



شكل ٧ - ٧ جامع على التوازي لأربعة أرقام ثنائية (دائرة رقم SN 7483) .

يلاحظ أن الزمن اللازم لإتمام عملية جمع عددين ثنائيين هو الزمن اللازم لتتوج الرقم المرحل خلال جميع المراحل حتى الرقم الأخير . رغم ذلك فإنه قد تم تصميم دوائر تستفيد من توقع الإشارات المرحلة الممكن وصولها في مراحل معينة . وتم بذلك تخفيض الوقت اللازم لإجراء عملية الجمع . ويبين شكل ٧ - ٨ دائرة متكاملة مثل SN 74182 لها خاصية توقع إشارة المرحل .



شكل ٧ - ٨ جامع له خاصية توقع إشارة المرحل (SN 74182) .

٧ - ٥ الطرح في الحساب الثنائي

توجد طرق عديدة لإجراء عملية الطرح في الحساب الثنائي وسندرس في هذا الجزء من الكتاب طريقتين هما الطريقة الحسابية وطريقة الآلات الحاسبة .

(أ) الطريقة الحسابية - وتم فيها عملية الطرح بدءاً من الرقم الأصغر قيمة (LSD) (الرقم في أقصى اليمين) بطرح كل رقمين في عمود واحد متجهين بعد كل عملية طرح إلى الرقم الأعلى قيمة (MSD) (الرقم أقصى اليسار) كالتالي:

- ١ - لو كانت عملية الطرح المطلوب تنفيذها هي 0-0 أو 1-1 يكون الناتج من عملية الطرح 0.
- ٢ - إذا كانت عملية الطرح 0-1 يكون الناتج 1.
- ٣ - إذا كانت عملية الطرح 1-0 يكون الناتج 1 وبذلك يجب تغيير كل « 0 » في العدد الأكبر (بدءاً من العمود التالي وفي اتجاه اليسار) إلى « 1 » حتى نصل إلى أول رقم « 1 » فنغيره إلى « 0 » ونستوفي استكمال عملية الطرح لباقي الأعمدة.

مثال ٧ - ٢ : قم بإجراء عملية الطرح التالية 40 - 22

$$\begin{array}{r} 0 \ 0 \ 1 \\ \times \ 0 \ \times \ 0 \ 0 \ 0 \equiv 40 \\ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \equiv 22 \\ \hline 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \equiv 18 \end{array}$$

(ب) طريقة الآلة الحاسبة : عادة تمثل الأعداد السالبة بكتابة العدد وإضافة الإشارة السالبة (-) في أقصى اليسار. إلا أن الحاسب الرقمي غير قادر على تمثيل أى إشارة إلا عن طريق الأرقام الثنائية « 1 » ، و « 0 » ولهذا تم إضافة رقم ثنائي إضافي للعدد الثنائي بحيث يخزن فيه « 0 » للأعداد الموجبة و « 1 » للأعداد السالبة. في هذه الحالة يكون من الضروري تحديد عدد الأرقام الثنائية المستخدمة لتمثيل العدد فمثلاً العدد 22 يخزن في صورة 010110 بحيث يمثل الرقم « 0 » المكتوب في أقصى اليسار الإشارة الموجبة (+) ونستخدم ستة أرقام ثنائية لتمثيل هذا العدد. بنفس الطريقة يمكننا كتابة الرقم 22 - في صورة 110110 بحيث يمثل الرقم « 1 » المكتوب في أقصى اليسار الإشارة السالبة (-). رغم أن هذه الطريقة تمثل العدد في صورة قيمة وإشارة إلا أنها لا تساعد الحاسب في تنفيذ عملية الطرح.

لذا يتم عادة تنفيذ عملية الطرح بتكوين العدد المتمم الثنائي للعدد المطلوب طرحه ثم إجراء عملية جمع. ويتم تكوين المتمم الثنائي بالتأكد من أن عدد الأرقام الثنائية المثلة للعددين المطلوب طرحهما متساو وذلك بإضافة عدد كاف من « 0 » إلى يسار الرقم الأصغر طولاً. ثم تغيير كل « 1 » إلى « 0 » وكل « 0 » إلى « 1 » وبعد إتمام ذلك نجمع « 1 » إلى أصغر رقم في العدد (الرقم الموجود في أقصى اليمين) (LSD).

مثال ٧ - ٣ : نفذ عملية الطرح التالية:

$$40_{10} - 22_{10} = 101000_2 - 10110_2$$

$$10110 = 010110 \quad \text{أولاً :}$$

$$101001 = 010110 \quad \text{ثانياً : احسب المتمم الثنائي للعدد}$$

ثالثاً : اجمع « 1 » في أقصى اليمين

$$\begin{array}{r} 101001 + \\ 1 \\ \hline 101010 \\ 101000 \\ + 101010 \\ \hline 1010010 \end{array}$$

أخيراً اجمع

إلا أنه يلاحظ أن النتيجة النهائية تحتوى على سبعة أرقام ثنائية ، ولما كان عدد الأرقام الثنائية التى نتعامل معها ستة فإن الرقم المنطقى « 1 » فى أقصى اليسار يكون زائداً وبالتالى يفقد ويكون العدد الناتج مكوناً من ستة أرقام ثنائية كما يلى : $010010 = 10010_2 = 18_{10}$.

٧ - ٦ الطرح الثنائى

يمكن طرح العدد الثنائى Y من العدد الثنائى X عن طريق جمع المتمم الثنائى للعدد Y إلى العدد X . ويتم حساب المتمم الثنائى للعدد Y بعكس كل « 1 » إلى « 0 » وكل « 0 » إلى « 1 » عن طريق بوابات نفى (NOT) ثم جمع « 1 » للرقم الموجود فى أقصى اليمين (LDS) . لذلك فن السهل تعديل الشبكة المنطقية المشروحة سابقاً فى عملية الجمع الثنائى لأداء عملية الطرح .

يبين شكل ٧-٩ شبكة منطقية لجمع أو طرح عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية على التوازى . يتحدد نوع العملية طرحاً أو جمعاً تبعاً للإشارة الموجودة على خط تحكم « 0 » للجمع و « 1 » للطرح .

تمرين عمل ٧ ج :

جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٧-٦ . باستخدام الدائرة المتكاملة SN 7483 والى تقوم بجمع عددين كل منهما مكون من أربعة أرقام ثنائية والمرسومة فى شكل ٧-٩ .

اضبط قيمة العددين Y, X على القيم المطلوبة ثم قم بتوصيل جهد التغذية ولاحظ المجموع والإشارة المرحلة واختبر النتائج .

كرر التجربة لقيم مختلفة للعددين Y, X .

تمرين عمل ٧ د :

طرح - جامع على التوازى لأربعة أرقام ثنائية

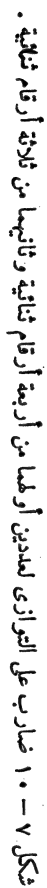
قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة فى شكل ٧-٩ والى تنفذ عمليتى الطرح - الجمع لأربعة أرقام ثنائية على التوازى باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7483 $1 \times$ (جامع تام لأربعة أرقام على التوازى) . وثلاثة دوائر رقم SN 7400 $3 \times$ (بوابات نفى « و » (NAND)) . الرباعية ذات المدخلين ودائرة متكاملة رقم SN 7404 $\frac{5}{6} \times$ (بوابات نفى « NOT ») .

اضبط العددين X و Y للقيم المطلوبة ووصل جهد التغذية واضبط إشارة التحكم إلى « 0 » واختبر أن الإشارة الموجودة على S هى مجموع X و Y . اضبط الآن إشارة التحكم إلى « 1 » وتأكد من أن الخرج عند S هو الفرق بين X و Y أى $(X - Y)$.

كرر التجربة السابقة لقيم مختلفة للعددين X و Y .

٧ - ٧ الضرب فى الحساب الثنائى

يمكن تطبيق قواعد الضرب الحسابى العادى ، ولما كان الضرب فى حالة الحساب الثنائى يقتصر على الضرب فى « 1 » أو فى « 0 » فإن عملية الضرب تتحول إلى عملية جمع مع الإزاحة .



شكل ٧ - ١٠ ضارب على التوازي لعددین أو لهما من أربعة أرقام ثنائية وثانيهما من ثلاثة أرقام ثنائية.

مثال ٧ - ٤ : اضرب العددين العشريين 11 و 5 .

$$\begin{array}{r} 1011 \equiv 11 \\ \times 101 \equiv 5 \\ \hline 1011 \\ 1011 \\ \hline 110111 \equiv 55 \end{array}$$

يبين شكل ٧ - ١٠ الشبكة المنطقية لضرب عدد X مكون من أربعة أرقام ثنائية مع عدد Y مكون من ثلاثة أرقام ثنائية .

تمرين ٧ ٥ :

ضارب على التوازي

قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٧ - ١٠ لضارب على التوازي باستخدام عدد ٢ من الدائرة SN 7483 (جامع تام لأربعة أرقام ثنائية) . و ٣ من الدائرة SN 7400 (بوابات نفي « و » NAND) لكل منها مدخلان . و ٢ من الدائرة SN 7404 (بوابات نفي (NOT))
اضبط العددين X و Y بحيث يكون العدد X مكوناً من أربعة أرقام ثنائية والعدد Y من ثلاثة أرقام ثنائية .
قم بتوصيل جهد التغذية واختبر حالة الخرج . احسب حاصل ضرب X و Y وقارن النتائج .
كرر التجربة السابقة بقيم مختلفة للعددين X و Y .

٧ - ٨ القسمة في الحساب الثنائي

يمكن أيضاً استخدام الطرق العادية لعملية القسمة وسندرسها بالمثل التالي :

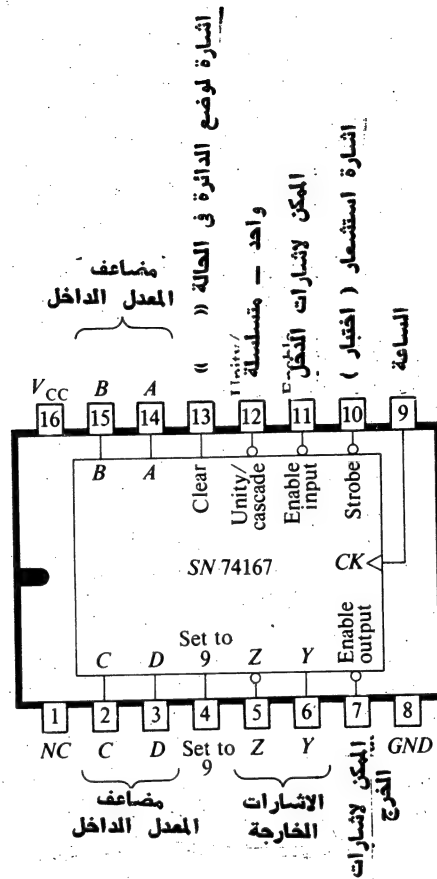
مثال ٧ - ٥ : اقسم العدد العشري 55 على 5 .

حاصل القسمة	حاصل القسمة
$\begin{array}{r} 11 \\ 5 \overline{)55} \\ \underline{5} \\ 5 \\ \underline{5} \\ 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1011 \\ 101 \overline{)110111} \\ \underline{101} \\ 111 \\ \underline{101} \\ 101 \\ \underline{101} \\ 000 \end{array}$
الباقى	الباقى

من الواضح أن عملية القسمة يمكن تنفيذها بتكرار عملية الطرح والإزاحة ويمكن تصميم دوائر منطقية لتنفيذ القسمة تشبه الدوائر التي تم تقديمها حتى الآن .

٧ - ٩ مضاعف المعدل

يتميز مضاعف المعدل من الدوائر المفيدة جداً لأنه يولد نبضات ذات تردد يتناسب مع حاصل ضرب معدل النبضات الداخلة وعدد ثنائي موصل على المداخل على التوازي كما هو مبين في شكل ٧ - ١١ .



شكل ٧-١٢ مضاعف المعدل العشري ذو أربعة أرقام ثنائية (SN 74167) .

الشبكة المنطقية لمضاعف المعدل متوافرة في صورة دائرة متكاملة . فالدائرة رقم SN 74167 المبينة في شكل ٧-١٢ مضاعف المعدل العشري بأربعة أرقام ثنائية .

يمكن إدخال تعديلات طفيفة على مضاعف المعدل بحيث يمكنه أن يؤدي عمليات حسابية متعددة مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة والرفع لأس والتكامل ودوال رياضية أخرى . وهناك عدد آخر من الدوال الرياضية يمكن تنفيذها وتوجد في صورة دوائر متكاملة وتبويب « وحدات الحساب والمنطق » (ALU's) .

الفصل الثامن

المسجلات ، مسجلات الإزاحة والعدادات

٨ - ١ مقدمة

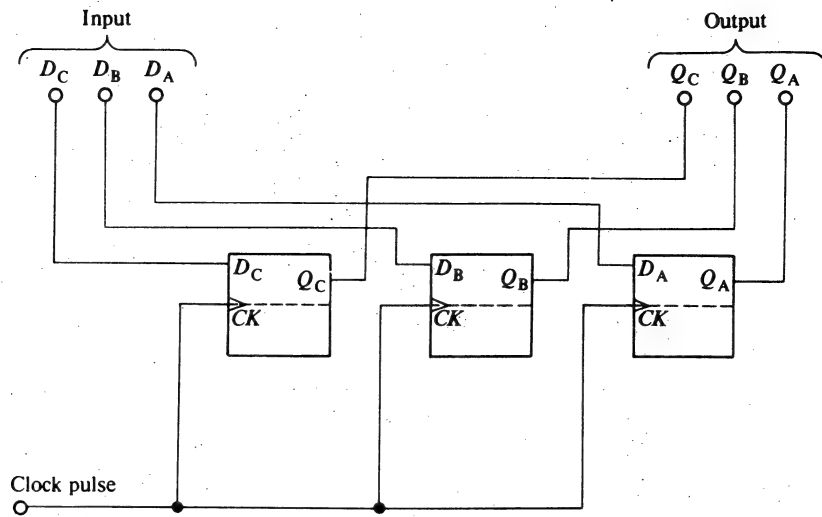
يطلق عادة إسم مسجل على أى مجموعة من الدوائر القلابة متصلة بحيث تحمل معلومات .
يعرف مسجل الإزاحة بأنه مسجل يحمل بيانات يمكن إزاحتها يمينا أو يساراً .
هناك أنواع معينة من المسجلات تستخدم لعد النبضات ويطلق عليها إسم عدادات .
يعرف العداد الدائري بأنه مسجل إزاحة موصلة في صورة حلقة مغلقة .

٨ - ٢ مسجل التخزين

يمكن تركيب مسجل التخزين من أى نوع من أنواع الدوائر القلابة المتزامنة (التى يتم التحكم فيه بنبضات الساعة) يقبل مسجل التخزين البيانات ويحتفظ بها مخزنة في دوائره القلابة بحيث يمكن استخدامها في أى لحظة .
يبين شكل ٨ - ١ مسجل تخزين لثلاثة أرقام ثنائية باستخدام الدائرة القلابة من نوع D ويتم فيه إدخال البيانات وإخراجها على التوازي (PIPO) .

في هذا المسجل (شكل ٨ - ١) يتم وضع البيانات الداخلة كعدد ثنائى (مكون من أرقام ثنائية) على المداخل المميزة بالحرف D للدوائر القلابة وعند التأثير بنبضة الساعة على الدوائر القلابة يتم تخزين هذه البيانات بحيث تظهر على الخرج المميز بالحرف Q لكل دائرة قلابة . ويمكن استخدام الدوائر القلابة التى تحتوى على وصلات لوضع القيم .
« 1 » والقيم « 0 » في الدائرة قبل بدء العمل . وأحد أمثلة ذلك الدائرة المتكاملة رقم SN 7474 التى بها دائرتان متماثلتان قلابتان من نوع D ولهما هذه التوصيلات لتغذية المسجل بالبيانات .

ملحوظة : عند استعمال الدائرة رقم SN 7474 يلاحظ أنه في غياب الإشارة عن مداخل الدائرة (دائرة الإدخال مفتوحة) تكون المستويات المنطقية على أطراف الإدخال في الحالة المنطقية « 1 » . كما أنه في هذه الحالة تكون الأطراف المسئولة عن وضع الدائرة القلابة في الحالة « 0 » (preclear) أو الحالة « 1 » (preset) لها القدرة على تأدية وظيفتها بغض النظر عن وجود إشارات داخلية أو نبضة الساعة . ويلاحظ أن أطراف preset و preclear تعمل بإشارة منطقية « 0 » .



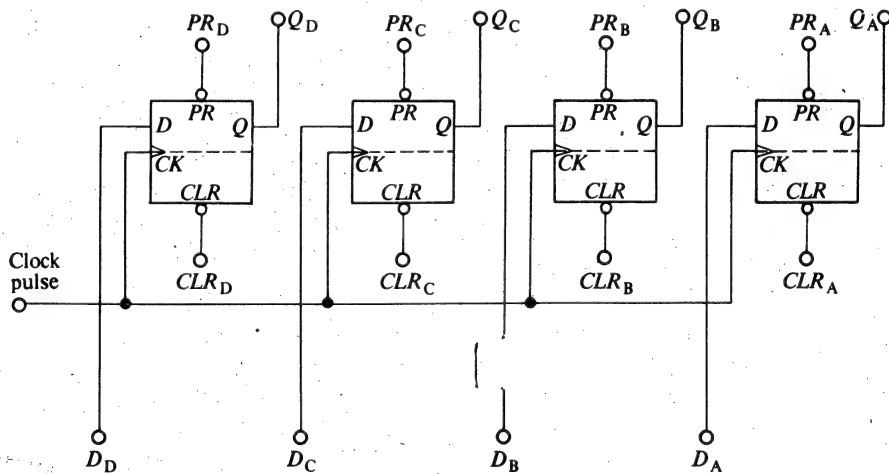
شكل ٨ - ١ مسجل بسيط لثلاثة أرقام ثنائية

تمرين عمل ٨ :

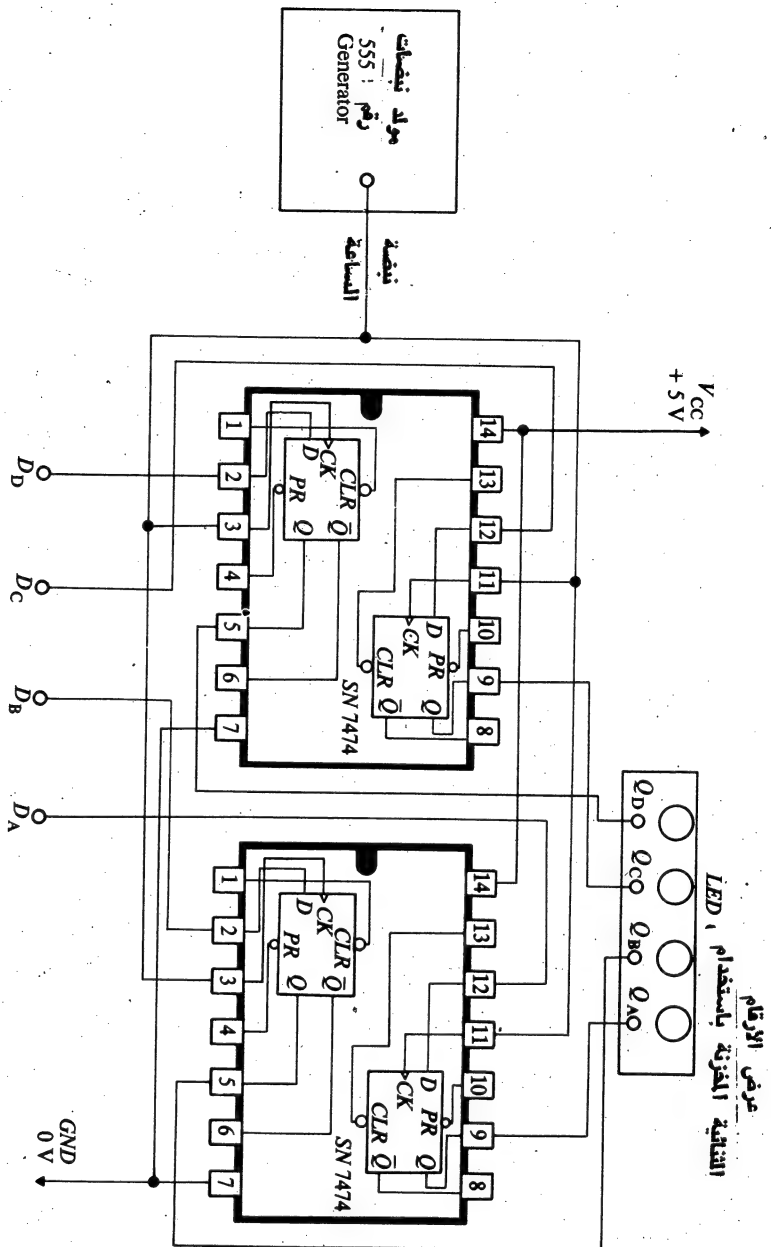
مسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل مسجل التخزين المبين في شكل ٨ - ٢ و ٨ - ٣ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة من نوع SN 7474 والتي تحتوى على دوائر قلابية متماثلة من نوع D .

قم بوضع عدد يتكون من أربعة أرقام ثنائية على أطراف الإدخال D (على التوازي) ، وضع إشارة « 1 » على مدخل الساعة ، بعد وضع إشارة الساعة إلى « 0 » اختبر الأرقام المخزنة في المخرج Q في الدوائر القلابية بملاحظة الإشعاع الضوئي الناتج من النيبيطة الثنائية المشعة للضوء (LED) الموصلة على كل خرج .



شكل ٨ - ٢ الشبكة المنطقية لمسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

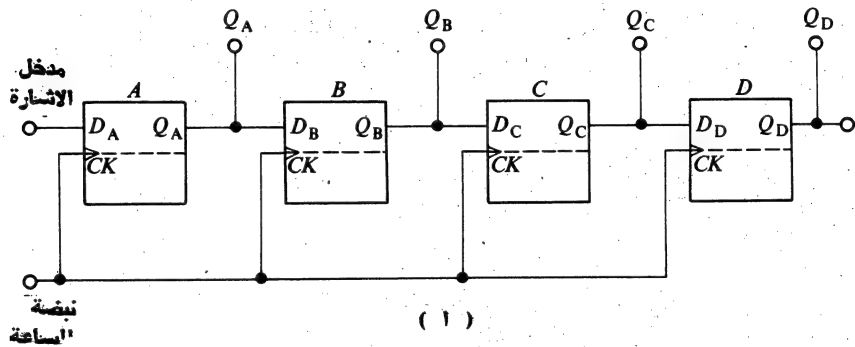


شكل ٨ - ٣ توصيلة مسجل تخزين لأربعة أرقام ثنائية

قم مرة أخرى بتوصيل مدخل الساعة وضع الإشارة على القيمة المنطقية « 1 ». لاحظ محتويات الدوائر القلابة عند انتقال إشارة الساعة من « 1 » إلى « 0 » وتأكد من تلاشي محتويات المسجل في نفس اللحظة التي تم فيها انتقال إشارة الساعة من « 1 » إلى « 0 ».

٨ - ٣ مسجل الإزاحة

يمكن تحويل مسجل التخزين البسيط إلى مخزن إزاحة بإدخال خرج كل دائرة قلابة كإشارة داخلية إلى الدائرة القلابة التالية. يبين شكل ٨ - ٤ (أ) مسجل إزاحة - اليمين باستخدام دوائر قلابة من نوع D.

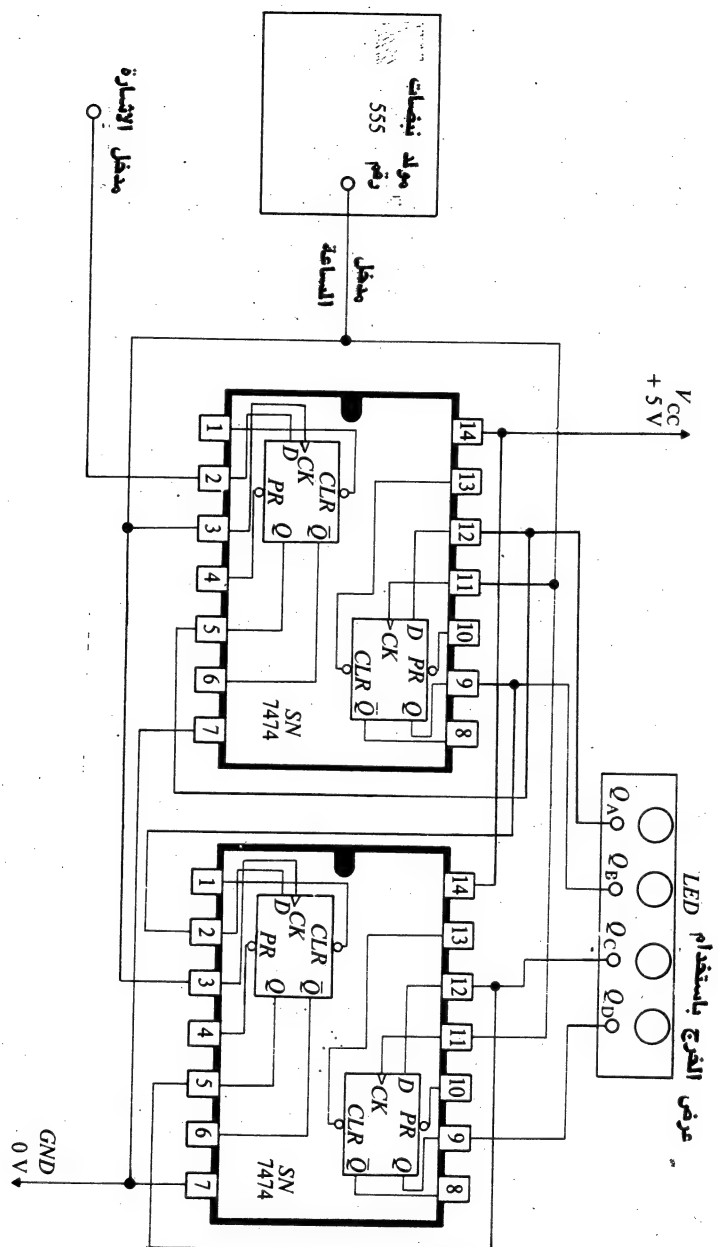


Clock	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	0	0	0	0

(ب)

شكل ٨ - ٤ مسجل إزاحة اليمين (أ) الشبكة المنطقية (ب) جدول الحقيقة .

لو أردنا نقل « 1 » خلال مسجل الإزاحة بحيث ينتقل لدائرة قلابة جديدة عند كل نبضة من نبضات الساعة فيجب أولاً وضع الإشارة « 1 » على المدخل D_A في نفس وقت نبضة الساعة الأولى. عند انتهاء نبضة الساعة الأولى تصبح قيمة Q_A « 1 » ويجب الآن إبقاء المدخل D_A في الحالة « 0 » في باقي العملية. تنتقل الإشارة المخزنة في Q_A خلال مسجل الإزاحة اليمين عند كل نبضة ساعة كما هو مبين في شكل ٨ - ٤ (ب).



شكل ٨ - - هـ توصيلة مسجل إزاحة للبيمين .

مسجل إزاحة اليمين

قم بتوصيل مسجل الإزاحة الممين في شكل ٨ - ٤ (أ) و ٨ - ٥ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 (بوابات قلابية من نوع D) .

اضبط تردد النبضات رقم 555 إلى أصغر تردد ممكن ووصل إشارة الساعة على المدخل المناسب . اضبط الإشارة الداخلة على المسجل للقيمة « 1 » ولاحظ حالة الدائرة القلابية الأولى Q_A وكونها أصبحت « 1 » بعد أول نبضة ساعة . الآن اضبط الإشارة الداخلة إلى « 0 » ولاحظ عمل المسجل وكيفية انتقال الإشارة « 1 » إلى يمين المسجل بحيث تنتقل إلى دائرة قلابية جديدة عند كل نبضة ساعة . لاحظ أن المسجل يصبح فارغاً بعد أربع نبضات الساعة .

٨ - ٤ التحكم في بيانات في مسجلات الإزاحة

يلاحظ أن البيانات يمكن تغذيتها إما بالتوازي أو بالتوالي في مسجلات التخزين أو في مسجلات الإزاحة وذلك تبعاً لتوصيله المسجل . بالمثل يمكننا الحصول على البيانات من المسجلات أو مسجلات الإزاحة إما بقراءة الإشارات الخارجة على التوازي أو على التوالي بإزاحة الإشارة خلال الدوائر القلابية .

إذا لم تحتو الدوائر القلابية المستعملة في المسجل على أطراف لضبط حالتها الأولى على « 1 » أو « 0 » مباشرة فيمكننا استخدام الدائرة الموضحة في شكل ٨ - ٦ للتغلب على هذه الظاهرة .

في هذه الدائرة ، نلاحظ أنه عندما يكون طرف يمكن إدخال البيانات في الحالة « 1 » تكون الإشارات الموجودة على مداخل الدوائر القلابية D هي نفسها الإشارات المطلوب تخزينها وعند ظهور نبضة الساعة تم عملية التخزين في المسجل . أما إذا كان طرف يمكن الإدخال في الحالة « 0 » تكون الإشارات الداخلة لكل دائرة قلابية هي نفسها الإشارة الخارجة من الدائرة القلابية السابقة لها في الترتيب .

يبين شكل ٨ - ٧ مسجل إزاحة له مداخل إدخال على التوازي وهو مزود بأطراف لوضعه في الحالة « 0 » (preclear) أو الحالة « 1 » (preset) .

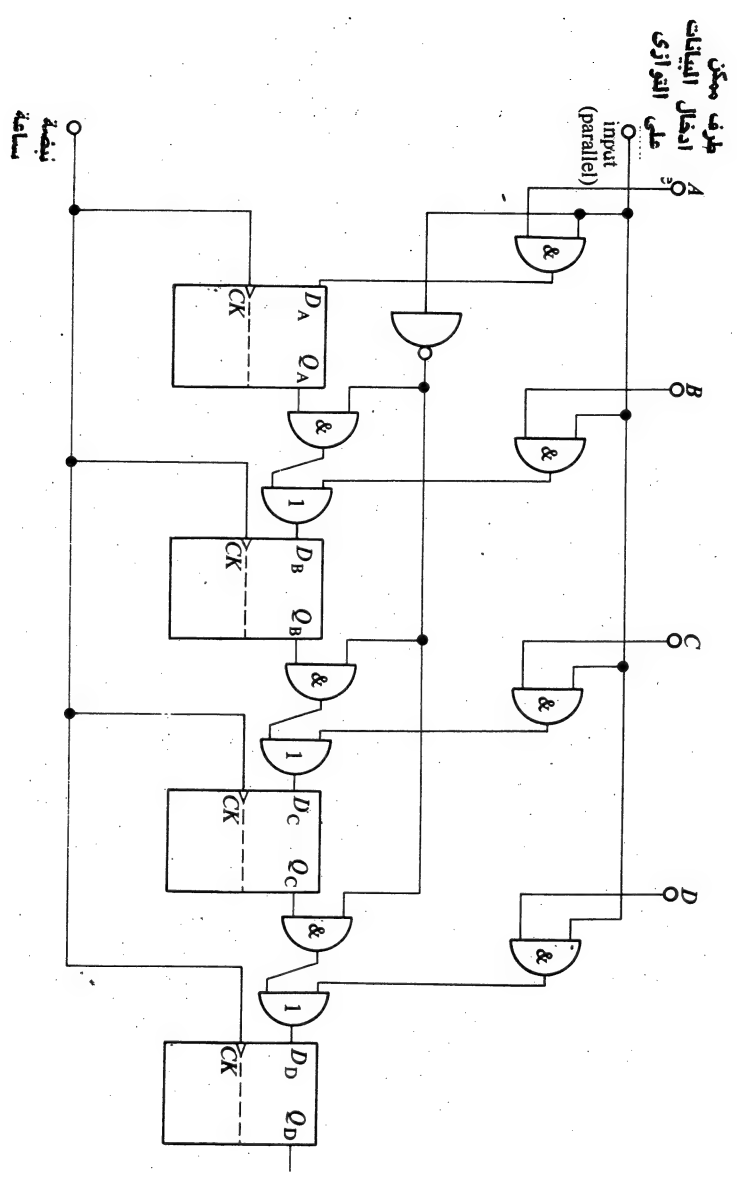
من السهل ملاحظة أنه يمكن إخراج بيانات المسجلات المرسومة في شكل ٨ - ٦ و ٨ - ٧ بقراءتها على التوازي من الخرج Q للدائرة القلابية . بالإضافة إلى ذلك يمكن نقل البيانات نقلة واحدة إلى اليمين مع كل نبضة ساعة .

يمكننا أيضاً استخدام النظام المرسوم في شكل ٨ - ٧ كسجل إزاحة لإدخال البيانات على التوالي وإخراجها على التوالي (SISO) إذا تمت تغذية المدخل D_A بالإشارات الداخلة على التوالي وتمت قراءة إشارة الخرج عند Q_D على التوالي أيضاً .

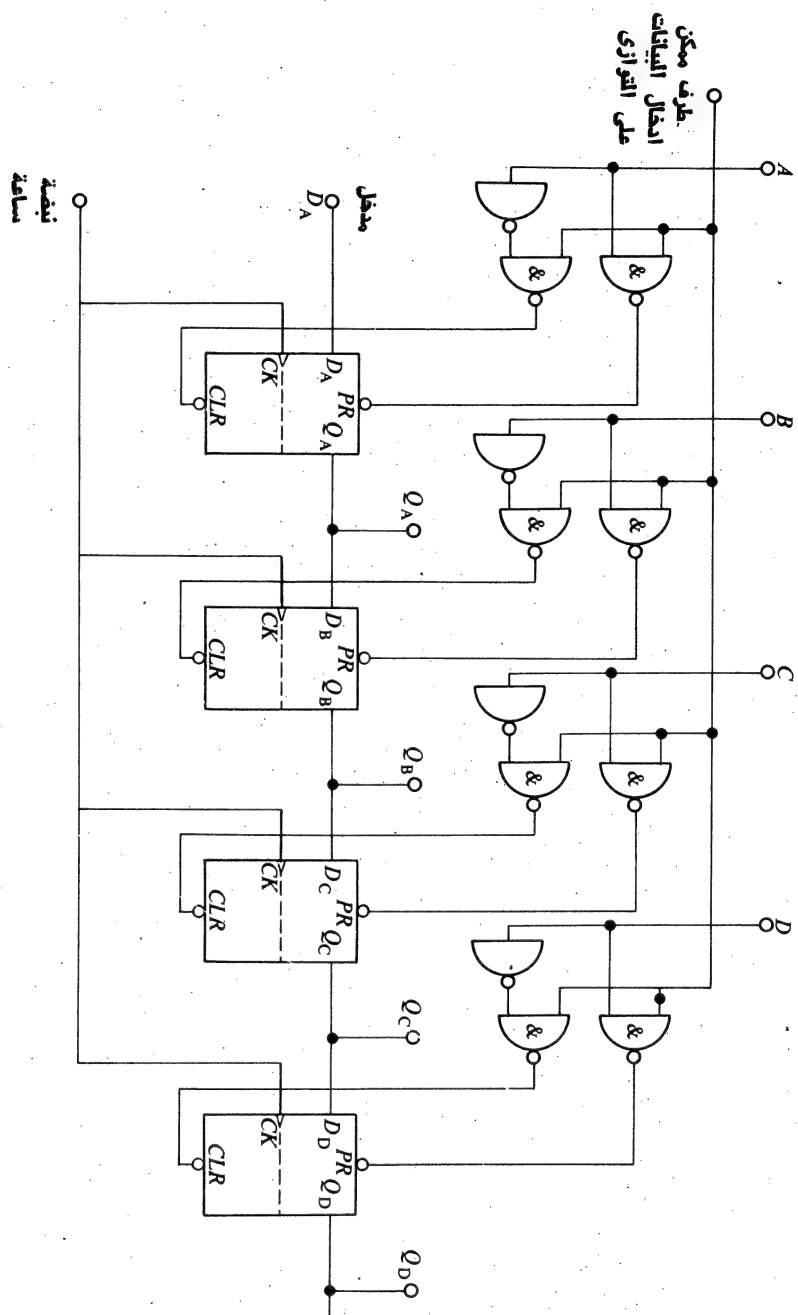
مثال عمل ٨ ج :

مسجل الإزاحة ذو الأربعة أرقام الثنائية والإشارات الداخلة / الخارجة على التوازي

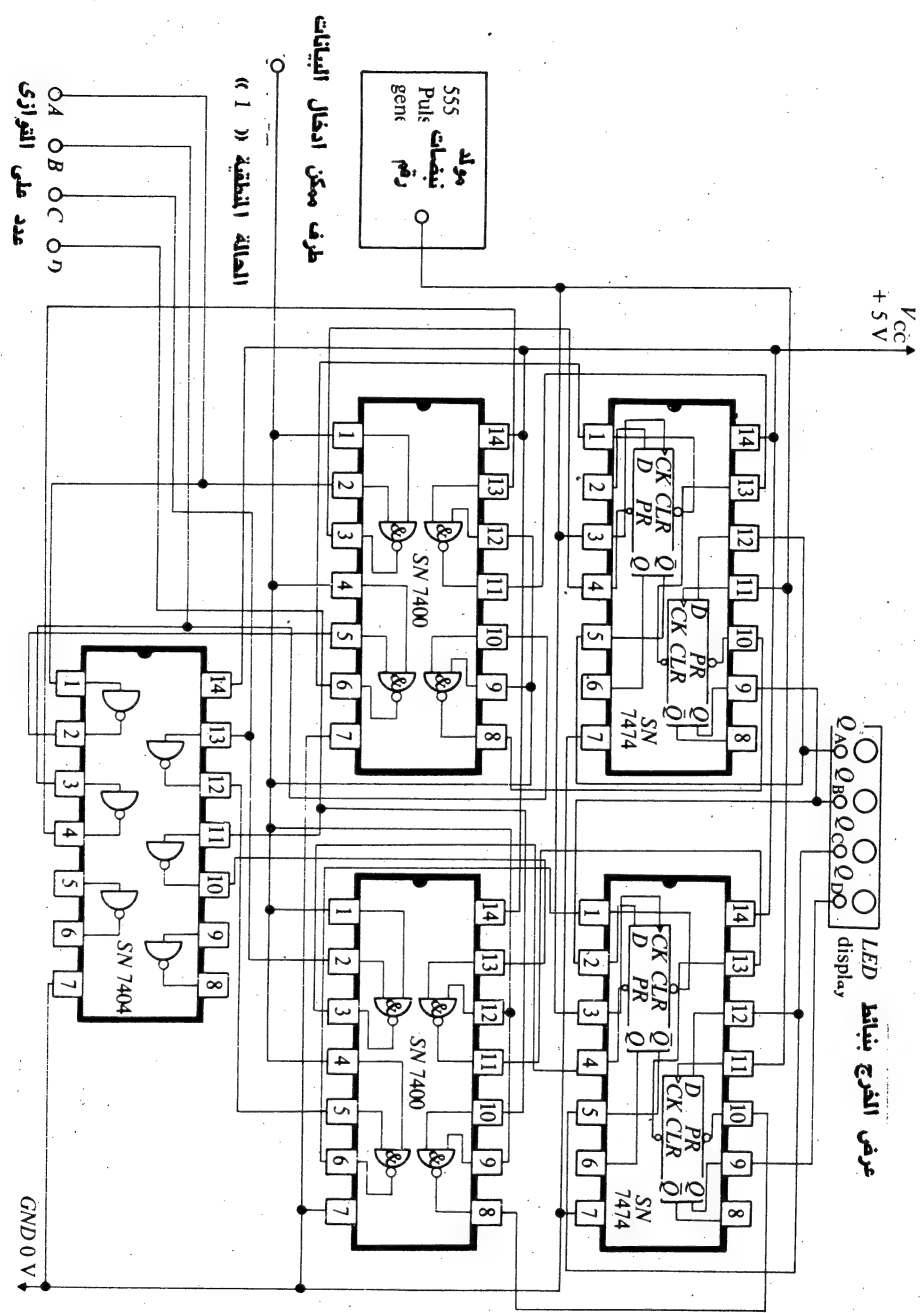
قم بتوصيل مسجل الإزاحة ودائرة التحكم المبينة في شكل ٨ - ٧ و ٨ - ٨ وذلك باستخدام اثنتين من الدائرة المتكاملة رقم SN 7474 والتي بها دوائر قلابية من نوع D واثنتين من SN 7400 وبها بوابات نفي «و» (NAND) و $2/3$ دائرة من نوع SN7404 «لنفي» .



شكل ٨ - ٦ دائرة ادخال ونظم على التوازي



شكل ٨ - ٧ إدخال البيانات على التوازي والتحكم في مسجل الإزاحة.



شكل ٨ - ٨ توصيلة مسجل إزاحة لأربعة أرقام ثنائية على التوازي

وصل الإشارات الموصلة على التوازي على المداخل A, B, C, D في نفس الوقت قم بتوصيل طرف يمكن إدخال البيانات على التوازي إلى القيمة المنطقية « 1 » ولاحظ الرقم المبين في الحرج Q_A و Q_B و Q_C و Q_D بواسطة نيطة البيان (LED). ضع الإشارة المنطقية « 0 » على طرف يمكن الإدخال على التوازي ، واختبر محتويات مسجل الإزاحة وتأكد أن البيانات قد أزيحت للخارج في نفس الوقت التي تصل فيه نبضة ساعة .

٨ - ٥ مسجل الإزاحة القابل للعكس

لقد درسنا حتى الآن مسجلات إزاحة ، يمكن إزاحة البيانات فيها لليمين ولكن بعض التطبيقات تتطلب مسجلات يمكن إزاحة البيانات فيها لليمين أو إلى اليسار ويمكن تحقيق هذا المطلب باستخدام دائرة التحكم المنطقية المبينة في شكل ٨ - ٩ .

يبين شكل ٨ - ١٠ الشبكة المنطقية لمسجل إزاحة يسمح بدخول البيانات وخروجها على التوازي .

يبين شكل ٨ - ١٠ الشبكة المنطقية لمسجل إزاحة ذو أربعة أرقام ثنائية يمكن عكس اتجاه الإزاحة فيه ويقبل دخول وخروج البيانات على التوازي (PIPO) كما يقبل دخول وخروج البيانات على التوالى (SISO) ونستطيع تكوين هذه التوصيلة من اثنتين من الدائرة المتكاملة SN 7474 (دوائر قلابة من نوع D المزدوجة) واثنتين من الدائرة المتكاملة SN 7400 (بوابات نفي « و » (NAND) واكل بوابه مدخلان) واثنتين من الدائرة المتكاملة SN 7450 (بوابات « و » (AND) وبوابات « أو » (OR) وبوابات « نفي » (و $1^1/6$ من الدائرة المتكاملة SN 7404 (سنة بوابات نفي) .

في المسجل المبين في شكل ٨ - ١٠ تسلط إشارة تمثل عدداً من أربعة أرقام ثنائية على مداخل البيانات على التوازي (PARALEL DATA IN). وعند وضع إشارة « 1 » على خط تحميل البيانات (DATA LOAD) يتم تخزين العدد في المسجل ويمكن الآن تسليط الإشارات المنطقية على خط التحكم (SHIFT CONTROL) لإزاحة العدد يميناً أو يساراً عند وصول نبضات الساعة .

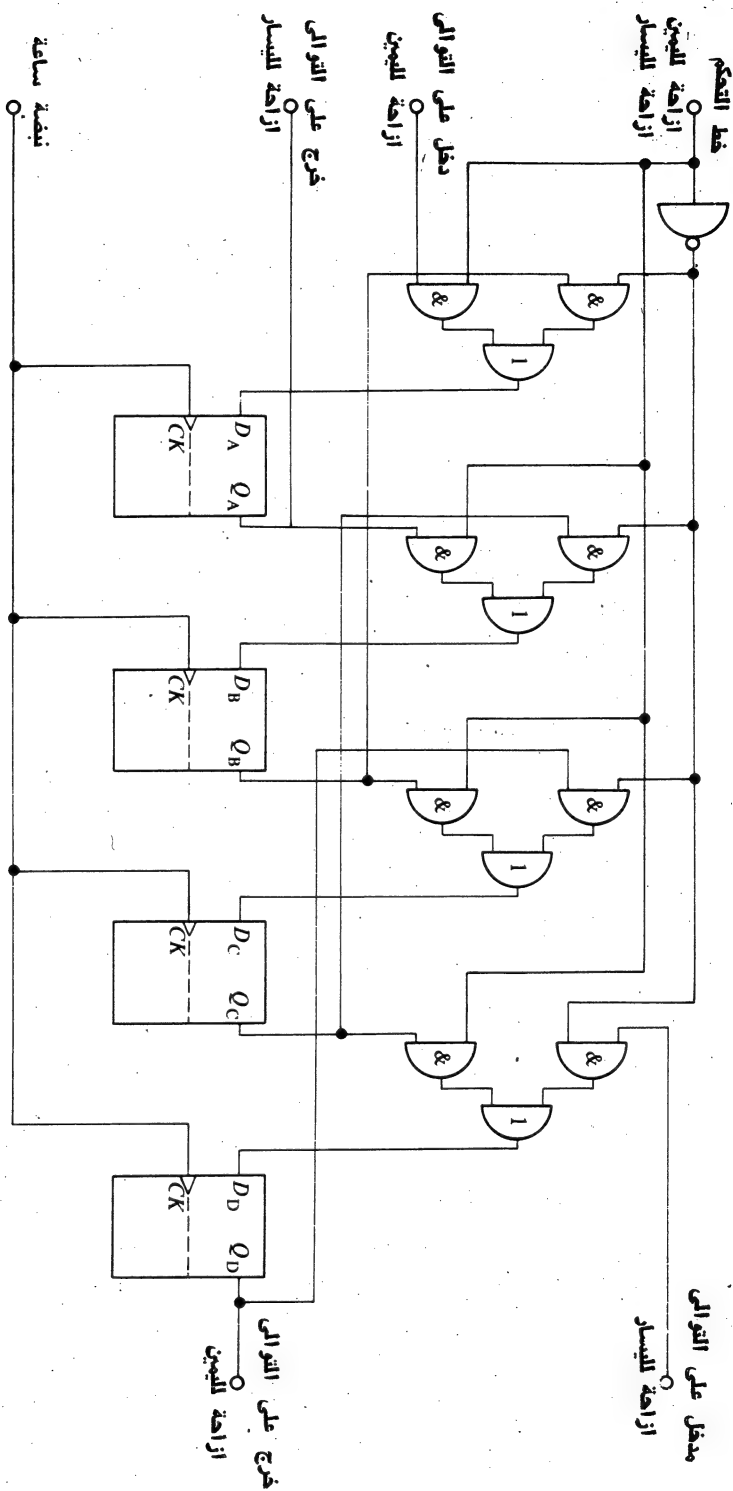
يمكن أيضاً التغذية بالعدد ذى الأربعة الأرقام الثنائية على التوالى بوضعها على مدخل بيانات التوالى SERIAL INPUT) والإزاحة لليمن (SHIFT RIGHT). ويتم عملية الإزاحة في المسجل في هذه الحالة أيضاً عند وصول نبضات الساعة .

تمرين عمل ٨ د :

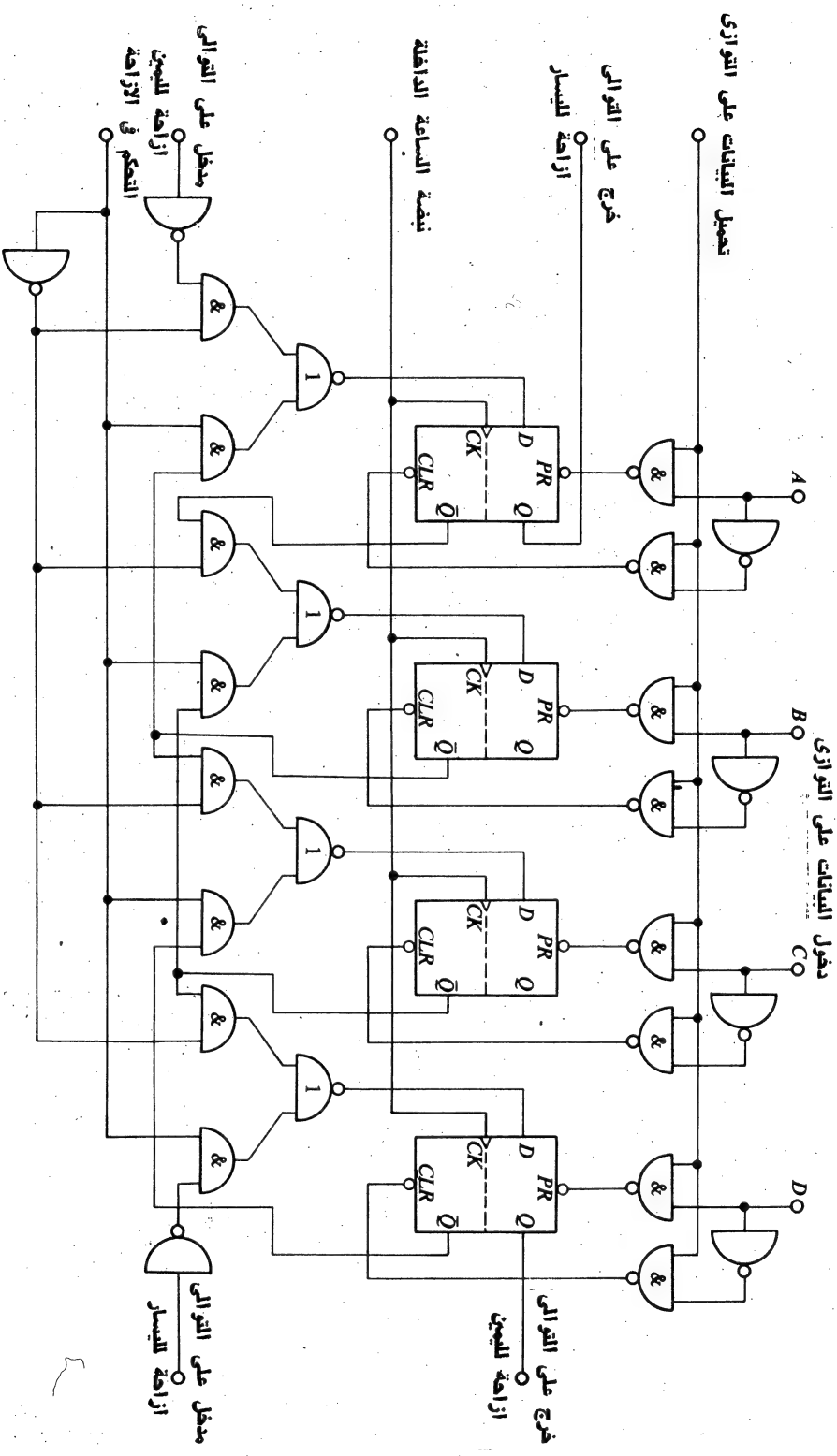
محول التوازي / التوالى لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٨ - ١١ باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7495 (مسجل إزاحة لأربعة أرقام ثنائية (PIPO) و دائرة رقم SN 7420 (بوابات نفي « و » (NAND) لكل منها أربعة مداخل) و دائرة رقم SN 7400 (بوابات نفي « و » (NAND) لكل منها مدخلان) .

قم بتوصيل العدد الثنائى المطلوب تخزينه على أطراف الإدخال على التوازي (PARALLEL INPUT) والإشارة « 0 » على خط بدء التشغيل (INITIAL INPUT) لتخزين العدد الثنائى في المسجل .

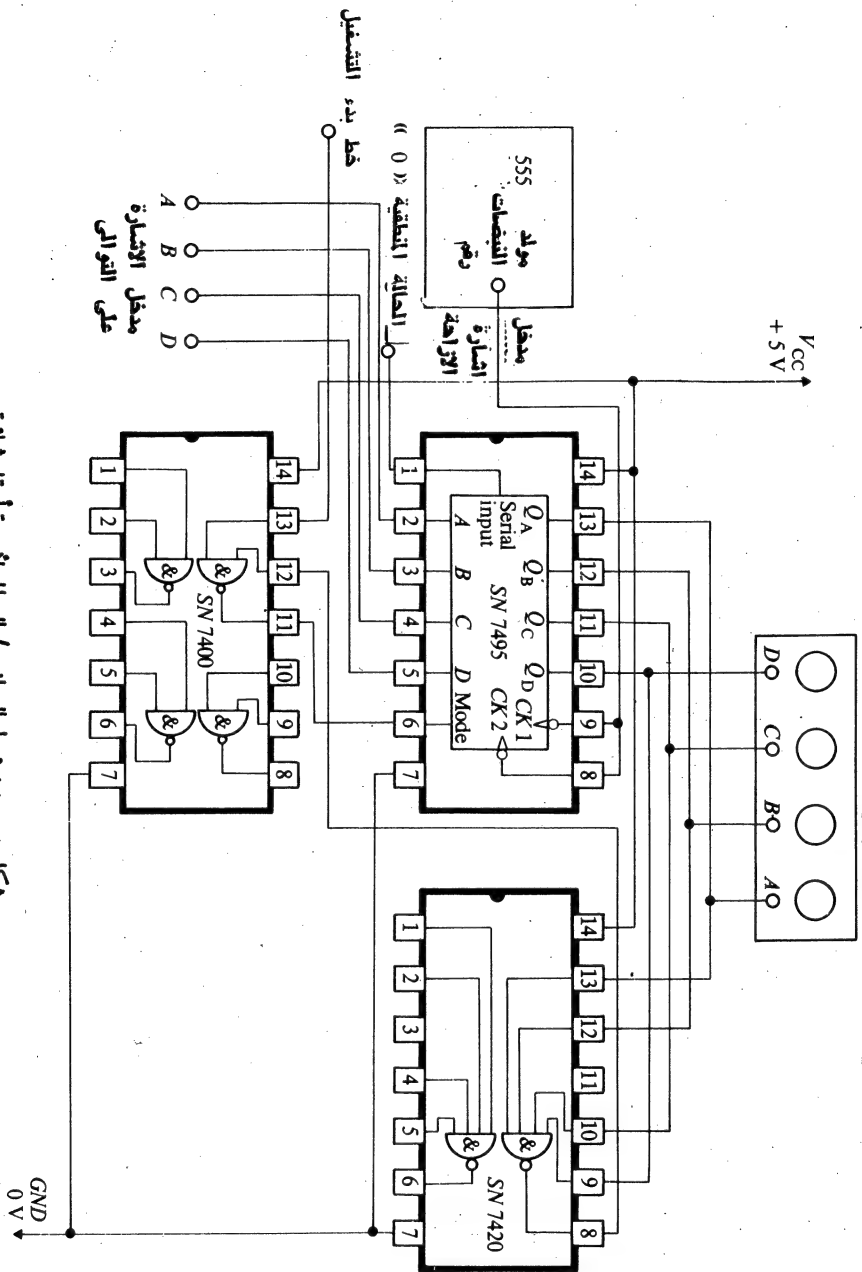


شکل ۸-۹ - مسجل از احوه ممکن عکس اتجاه از احوته (SISO)



شكل ٨ - ١٠ - مسجل ازاحة لاربعة ارقام ثنائية يمكن عكس اتجاه ازاحته .

مبين الإشارات باستخدام خيائط LED



شكل ٨-١١ محول التوازي / التوازي لأربعة أرقام ثنائية

وصل الآن نبضات الساعة على خط الإزاحة (*ENTER SHIFT INPUT*) وراقب خروج العدد على التوالى من خرج التوالى (*Serial output*) وراقب فى نفس الوقت العدد المخزن فى المسجل على التوالى . لاحظ أنه بعد مرور أربع نبضات للساعة تخرج كل الأرقام الثنائية المخزنة فى المسجل .

تمرين على ٨ ٥ :

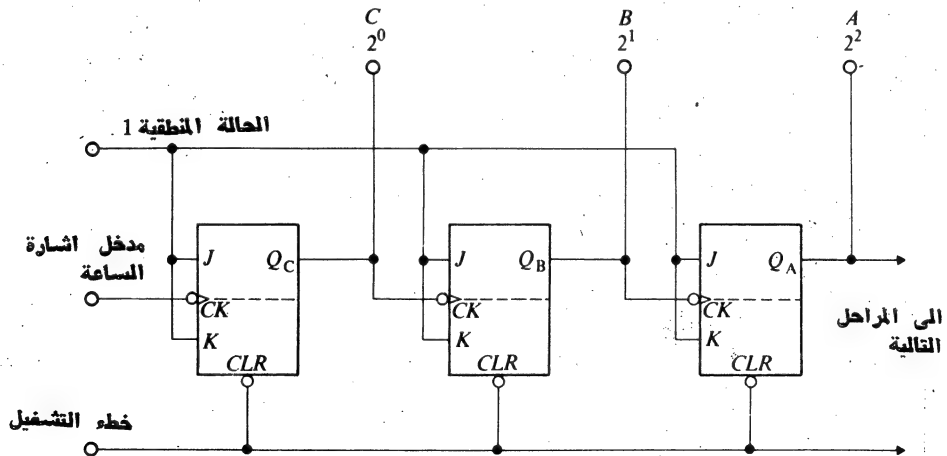
محول التوالى / السوازى لأربعة أرقام ثنائية

قم بتوصيل محول التوالى / التوالى المبين فى شكل ٨ - ١٢ وذلك باستخدام دائرة متكاملة رقم SN 7495 (مسجل إزاحة لأربع وحدات ثنائية PIPO) . و $1/4$ دائرة رقم SN 7402 (بوابة نـى « أو » (*NOR*) و $1/4$ دائرة رقم SN7404 (ست بوابات « نـى ») .

سلط إشارة منطقية « 1 » على الطرف (مدخل تمكين دخول البيانات) (*ENTER*) والأرقام الأربعة الثنائية على التوالى على خط دخول الإشارة على التوالى (*SERIAL INPUT*) مع توصيل نبضات الساعة إلى مدخل الإزاحة (*SNHIFT*) . راقب خطوط خروج الإشارة على التوالى .

٨ - ٦ العدادات غير المتزامنة (عداد تموجات)

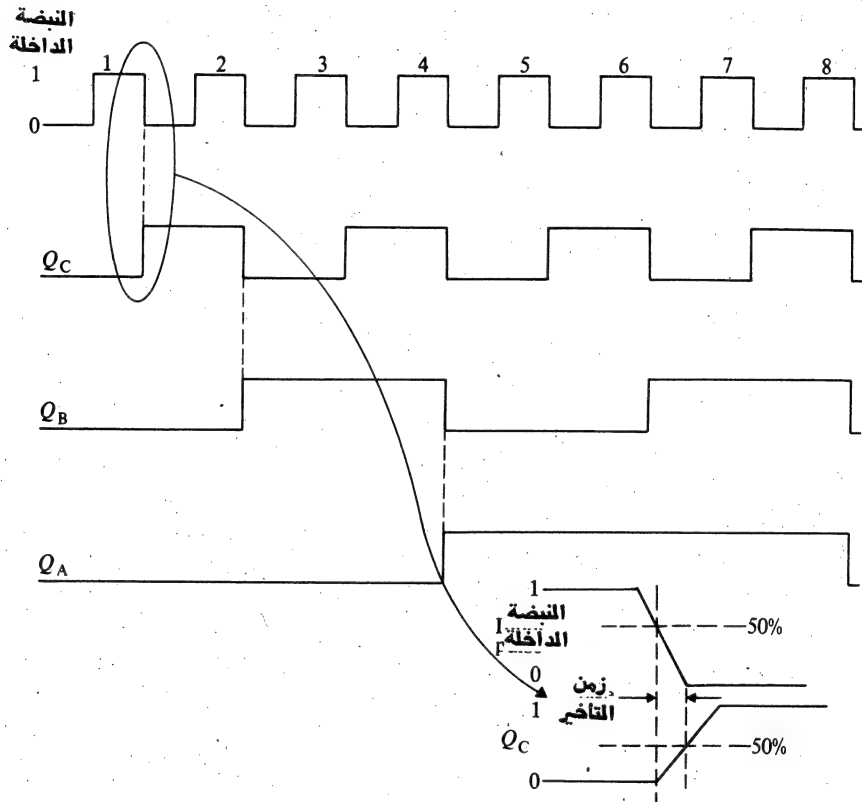
العداد غير المتزامن ، أو عداد التوالى ، عبارة عن نظام منطقى متسلسل فيه تدخل النبضات عند أحد أطراف العداد وتتم عملية جمع كل نبضة قبل انتقال الرقم الثنائى المحول للمرحلة التالية للعد . تقوم المرحلة التالية بعد ذلك بجمع الرقم الثنائى المحول إلى العدد فى هذه المرحلة . وعلى ذلك يظهر الرقم الثنائى المحول وكأنه تموج خلال (*ripple through*) العداد حتى يتم إحصاء كل النبضات . وأكثر الطرق شيوعاً لتحقيق ذلك استعمال الدوائر القلابية من نوع *J - K* ، فى هذا النوع من العدادات بحيث تكون الإشارة الداخلة على *J* و *K* تساوى « 1 » طوال الوقت (بمعنى آخر تستعمل وكأنها دائرة قلابية من نوع *T*) إلا أنه يمكن أيضاً بناء هذا النوع من العدادات باستخدام الدوائر القلابية من نوع *D* كما هو مبين فى التمرين العمل (٨ و) ، يبين شكل ٨ - ١٣ توصيلة عداد نبضات بسيط باستخدام الدوائر القلابية *J - K* .



شكل ٨ - ١٣ عداد تموجات ثنائى

لنفترض الآن استخدام الدائرة القلابية من نوع التابع / المتبوع فإن كل دائرة قلابية ستتغير حالتها المنطقية عند الحد المتأخر للنبضة المسلطة على المدخل أى عند تغير النبضة المؤثرة على مدخل الشبكة من الحالة المنطقية « 1 » إلى الحالة المنطقية « 0 ». ويبين شكل ٨ - ١٤ الشكل الموجي للخرج من كل دائرة قلابية والناتج عن مجموعة النبضات المتتالية الداخلة على العداد .

من الواضح أن العداد سوف يسجل الأعداد من 000_2 إلى 111_2 (أى سوف يعد من 0_{10} إلى 7_{10}) ثم يكرر العد ثانية بنفس الطريقة وذلك لأنه يحتوى على ثلاث دوائر قلابية فقط . ويمكن زيادة مدى العداد بزيادة عدد الدوائر القلابية المركبة في العداد .



شكل ٨ - ١٤ الشكل الموجي لعداد التوجات الثنائى

٨ - ٧ عداد يمكن عكسه

يمكن تعديل توصيلة العداد الأساسى المستخدم في عد النبضات على التوالى بحيث يمكن تحويله إلى عداد للنبضات في كل من الاتجاهين وذلك باستخدام دائرة تحكم منطقية كما هو مبين في الشكل ٨ - ١٥ .

تمرين عمل ٨ و :

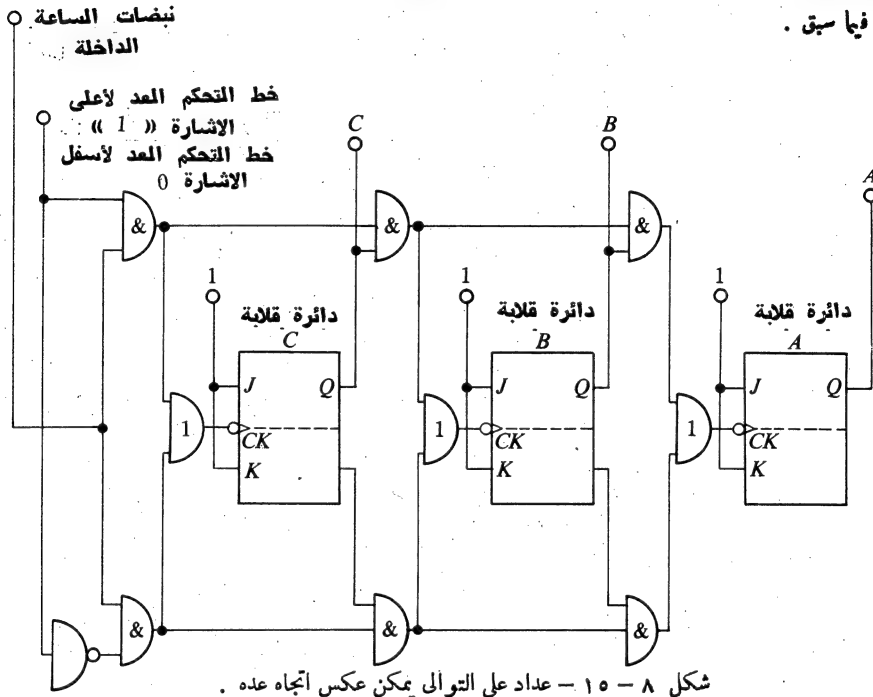
عدد تموجات « على التوالى »

قم بتوصيل الشبكة المنطقية لعداد ثنائى للنبضات المبينة في شكل ٨ - ١٦ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 والى تحتوى على دوائر قلابية من نوع D المزدوج .

اضبط مولد النبضات رقم 555 على تردد مناسب ولاحظ العدد الثنائي المئين على نبائط LED .
وصل مئين الإشارات (نبائط LED) على الخارج \bar{Q} بدلا من Q ولاحظ العدد المئين على نبائط LED وأن العدد المئين يتناقص بدلا من أن يتصاعد كما كان في الحالة الأولى .

٨ - ٨ فك المشفرة

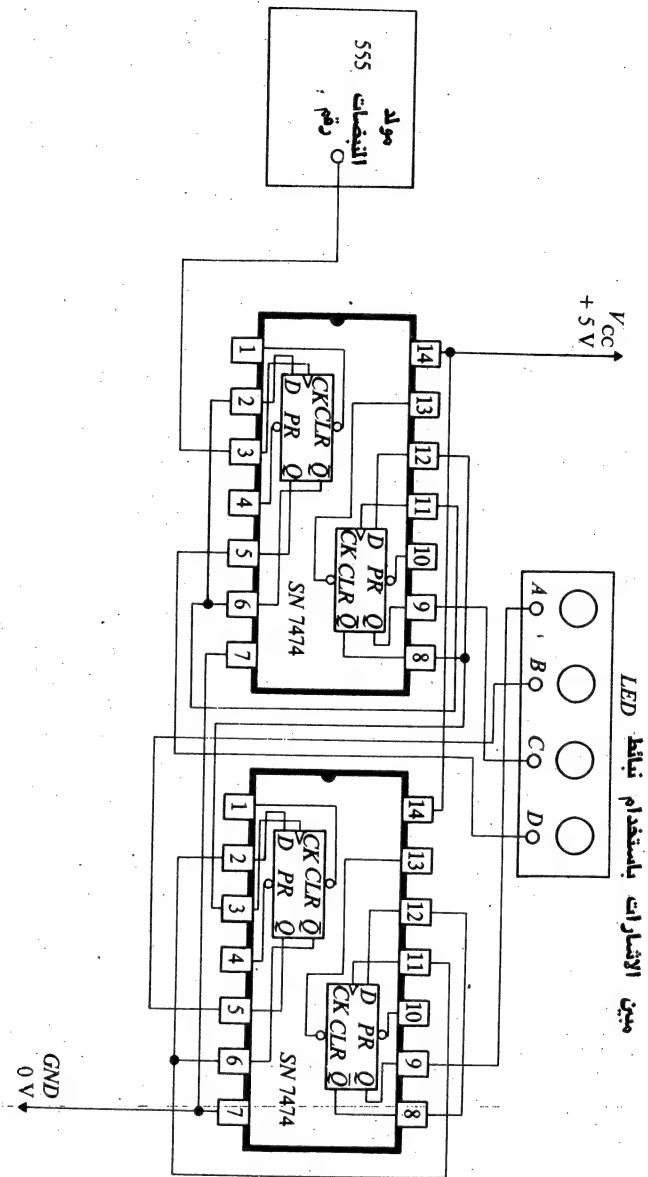
هناك تطبيقات عديدة للعدادات التي تكرر تسلسلات لاتنطبق مع الأساس 2 أى 4 ، 8 ، 16 . . . الخ والتي وصفناها فيما سبق .



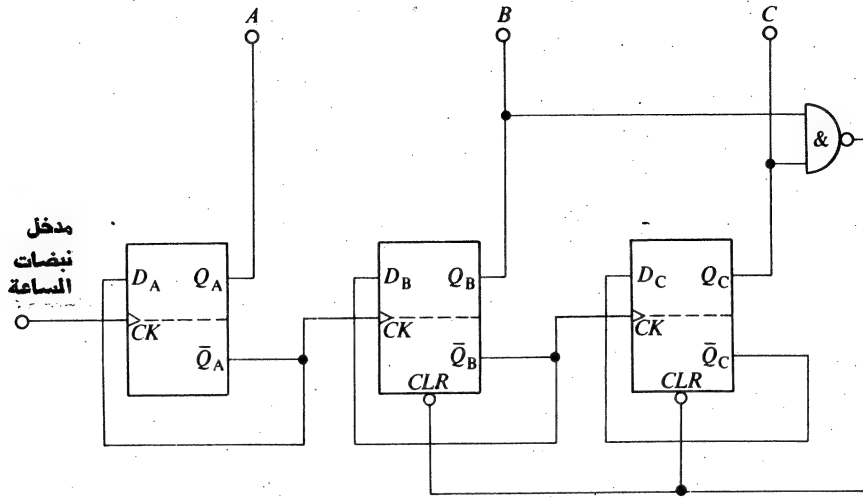
شكل ٨ - ١٥ - عداد على التوالى يمكن عكس اتجاه عده .

ويمكن التوصل إلى تحقيق ذلك بطريقة بسيطة باستخدام فالك الشفرة (logic decoder) ويمكن عمل فالك الشفرة باستخدام بوابة « و » (AND) لاكتشاف لحظة وصول العد للحد المطلوب ثم استخدام الإشارة الخارجة من بوابة « و » (AND) لوضع الدوائر القلابة للعداد في الحالة المنطقية « 0 » (الحالة المبدئية) (RESET) أى يبدأ العد بطريقة طبيعية إلى الحد المطلوب وعند ذلك تظهر الإشارة على الدوائر القلابة بحيث تعود إلى الحالة « 0 » ثم تتكرر عملية العد من جديد .

في بعض الدوائر القلابة من نوع TTL تلزم إشارة قيمتها « 0 » لوضع الدائرة القلابة في الحالة « 0 » (RESET) or (CLEAR) وفي هذه الحالة يستخدم فالك الشفرة بوابة نفى « و » (NAND) . في مثل هذه النظم طالما بقي مدخل بادئ التشغيل في الحالة المنطقية « 1 » فإن الدوائر القلابة تعمل بطريقة عادية . والشكل ٨ - ١٧ يبين دائرة بسيطة لنظام فك الشفرة يستخدم فيها بوابة نفى « و » (NAND) لها مدخلان لاكتشاف لحظة وصول كل من B و C للحالة المنطقية « 1 » وعند هذه اللحظة يؤثر خرج بوابة نفى « و » (NAND) بحيث تصبح الدوائر القلابة B و C في الحالة « 0 » (RESET) ويلاحظ أن الحالة التي تم تحديدها تعقب وصول الدوائر القلابة إلى الحد المطلوب ، وفي الحالة المبينة الحد الأقصى للعد هو 101_2 (5₁₀) .



شكل ٨ - ١٦ عداد تموجات بالنظام الثنائي لأربعة أرقام ثنائية



شكل ٨ - ١٧ دائرة فك شفرة

تمرين عمل ٨ ز :

عداد كمية

قم بتوصيل عداد التمرينات (كما هو مستخدم في التمرين العمل ٨) مع دائرة فك الشفرة المرسومة في شكل ٨-٨ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 7474 (دوائر قلابية من نوع D المزدوج) و ١/٤ دائرة رقم SN 7400 (بوابات نفي « و » (NAND) الرباعية ذات المدخلين) .
اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة ولاحظ العدد المبين على نبائط (LED) والحد الأقصى للعدد .
صمم دوائر مختلفة لفك الشفرة لكميات مختلفة .

٨ - ٩ العدادات المترابطة

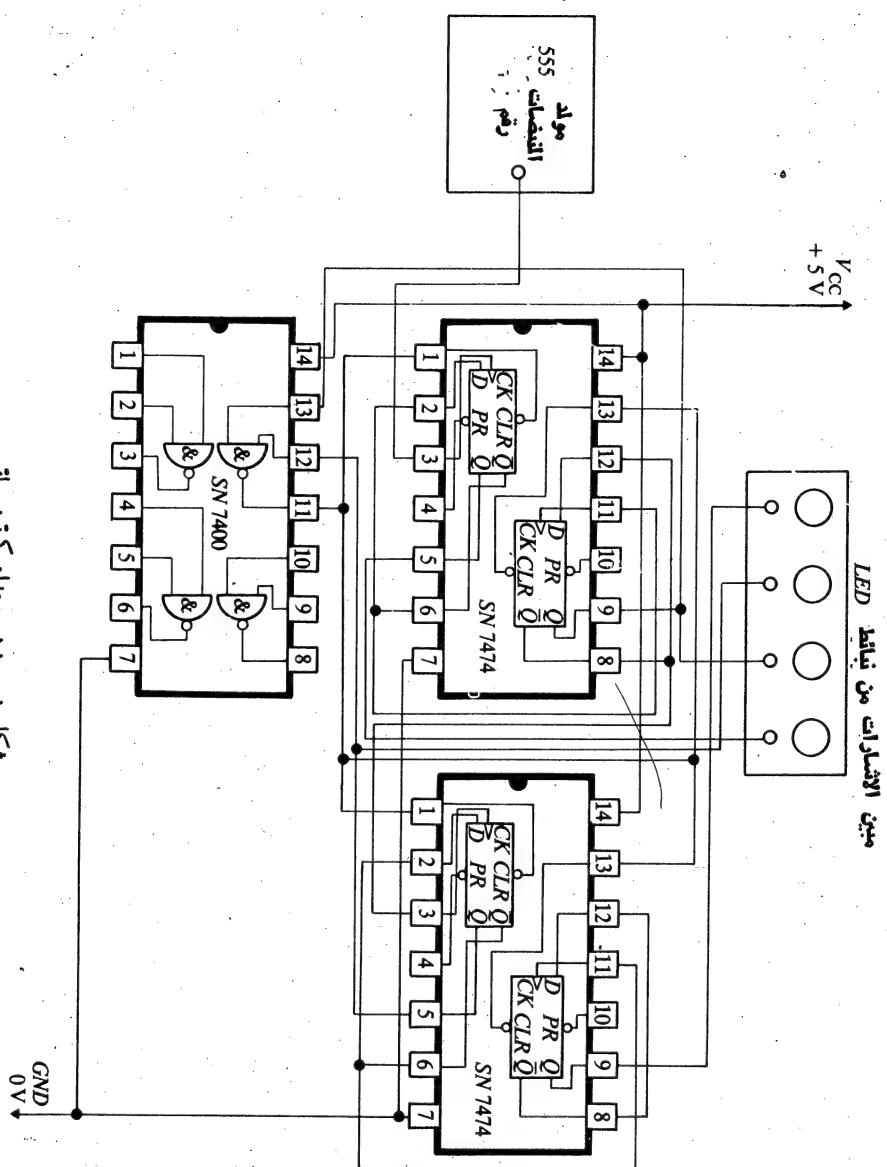
يتم التحكم في تسلسل العدد عن طريق نبضات ساعة تصل في نفس اللحظة لجميع الدوائر القلابية للعداد وبذلك تحدث التغييرات المطلوبة في جميع الدوائر القلابية في تزامن كامل . بهذه الطريقة نستطيع التخلص من التأخير الناشئ عن انتقال النبضات في عداد التمرينات .

يبين شكل ٨ - ١٩ الشبكة المنطقية لعداد متزامن للنظام الثنائي .

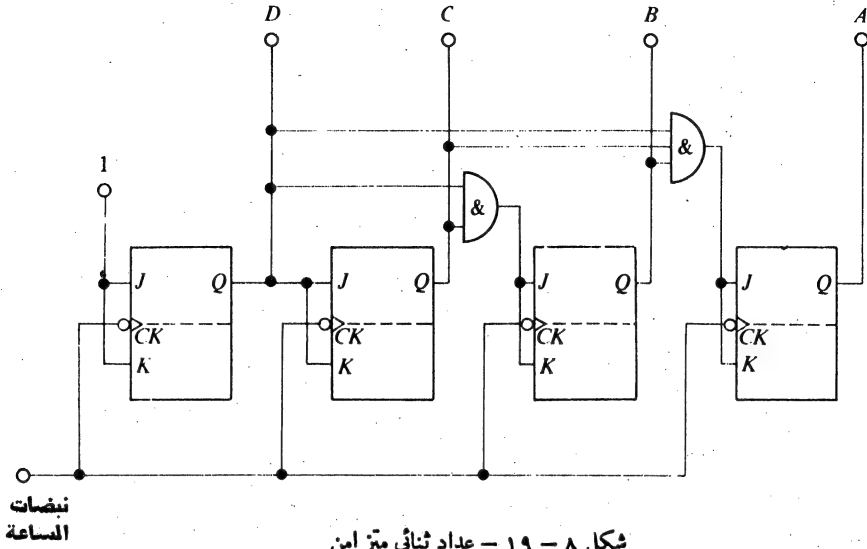
تمرين عمل ٨ ح :

العداد العشري

قم بتوصيل الشبكة المبينة في شكل ٨ - ٢٠ باستخدام الدوائر المتكاملة رقم SN 7490 (عداد عشري) ورقم SN 7447A BCD (دائرة فك شفرة لسبعة أقسام) ودائرة مبدئين إشارات باستخدام نبائط LED لها سبعة أقسام .
اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة وراقب مبدئين الإشارات LED .



شكل ٨ - ١٨ - عداد كتي بسيطة .



شكل ٨ - ١٩ - عداد ثنائي مترامن

لاحظ أثر تغيير الإشارة المسلطة على الطرف R_0 (RESET to 0) إلى القيمة المنطقية «1» ثم مرة أخرى إلى «0» .
قم بتعديل هذا العداد إلى عداد كمية (كيات من 5) بتوصيل Q_C و Q_B إلى دائرة نفى « و » (NAND) .
ثم إمرار خرج البوابة نفى « و » (NAND) خلال بوابة « نفى » (NOT) وتوصيلها إلى الطرف R_0 في الدائرة المتكاملة SN 7490 . وصل طرف منع التوجات (رقم 5 في الدائرة SN 7474 A) إلى الأرض (GND) .
ولاحظ عند تشغيل مولد النبضات ظهور الأعداد ١, ٢, ٣, ٤, ٥ على مئين الإشارات LED .

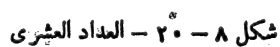
تمرين عمل ٨ ط :

عداد عشري مع سقطة

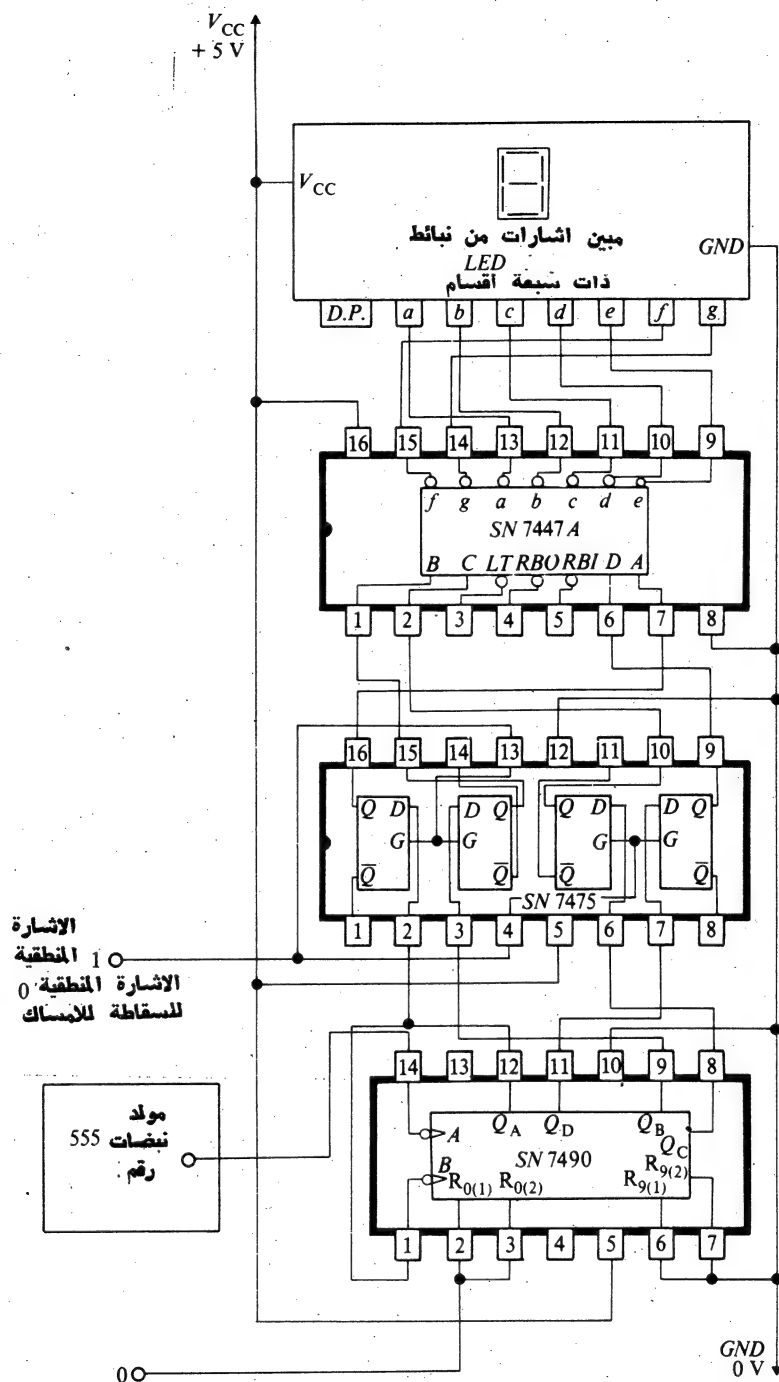
قم بتوصيل شبكة العداد العشري مع السقطة الرباعية المرسومة في شكل ٨ - ٢١ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7490 (عداد عشري) ورقم SN 7475 (سقطة رباعية) ورقم SN 7447A BCD (دائرة فك الشفرة الثنائية بالنظام العشري (BCD)) ودائرة مئين إشارات من نبائط LED ذات سبعة أقسام) .
اضبط تردد مولد النبضات رقم 555 لقيمة مناسبة وراقب مئين الإشارات LED .
اضبط إشارة السقطة LATCH إلى القيمة المنطقية « 0 » ولاحظ أن مئين الإشارات سيحتفظ بقيمته بينما يستمر العداد في العد ، اضبط إشارة السقطة LATCH إلى القيمة المنطقية « 1 » ولاحظ كيف يقفز مئين الإشارات (LED) إلى القيمة التي وصل لها العداد (خلال الفترة التي كان فيها مئين الإشارات ممسكاً) .

٨ - ١٠ نظام الترقيم الثنائي بالشفرة العشرية (BCD)

يعتبر النظام الثنائي من أبسط وأنسب الأنظمة العددية للحاسبات الرقمية ورغم ذلك فإن النظام العشري هو الأكثر انتشاراً في عالم اليوم . لذلك يجب أن يكون هناك نظام بسيط للتحويل بين النظامين الثنائي والعشري . وتعتبر الطريقة التقليدية والتي تستخدم فيها أرقام مرفوعة للقوة ٢ طريقة عقيمة وإن كان من الممكن برجة الحاسب لتنفيذها إلا أن المبرمجين يرون أن عملية التحويل بين النظامين العشري والثنائي عملية تستغرق وقتاً طويلاً .



يلاحظ أنه بعد العد لرقم 9_{10} تتغير قيمة BCD (أو الأوزان) بمعامل مكافئ لعشرة .



شكل ٨ - ٢١ عداد عشري بسقطة (LATCH)

النظام المشرى	زيادة ٣ (XS-3)	8421 BCD	2421 BCD	7421 BCD
0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
3	0 1 1 0	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
4	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0
5	1 0 0 0	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
6	1 0 0 1	0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0
7	1 0 1 0	0 1 1 1	0 1 1 1	1 0 0 0
8	1 0 1 1	1 0 0 0	1 1 1 0	1 0 0 1
9	1 1 0 0	1 0 0 1	1 1 1 1	1 0 1 0

شكل ٨ - ٢٢ النظم الثنائية بالشفرة العشرية (BCD)

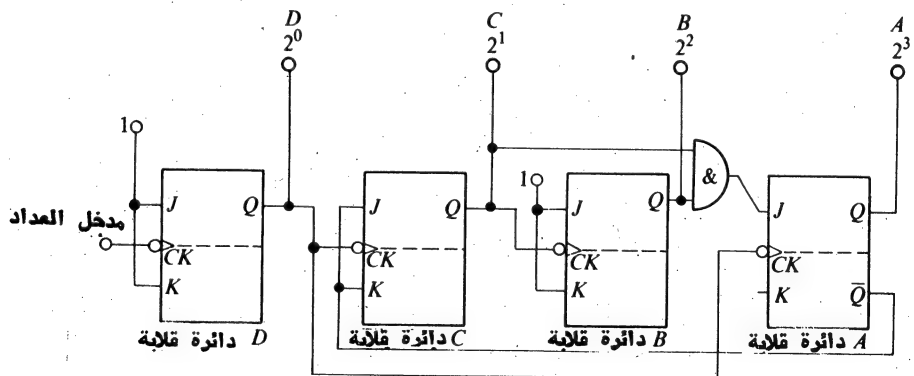
مثال (٨ - ١) :

يمكن تمثيل العدد 79_{10} باستخدام النظام الثنائي بالشفرة العشرية 8421 BCD بـ 0111 1001 وعلى ذلك :

80	40	20	10	8	4	2	1
0	1	1	1	1	0	0	1

٨ - ١١ عداد ثنائي بالشفرة العشرية 8421 BCD

يبين شكل ٨ - ٢٣ الشبكة المنطقية لعداد تموجات يمد لأعلى بالنظام الثنائي بالشفرة العشرية 8421 BCD . ويتبع العداد الجدول أعلاه في تسلسل الأعداد المبينة .

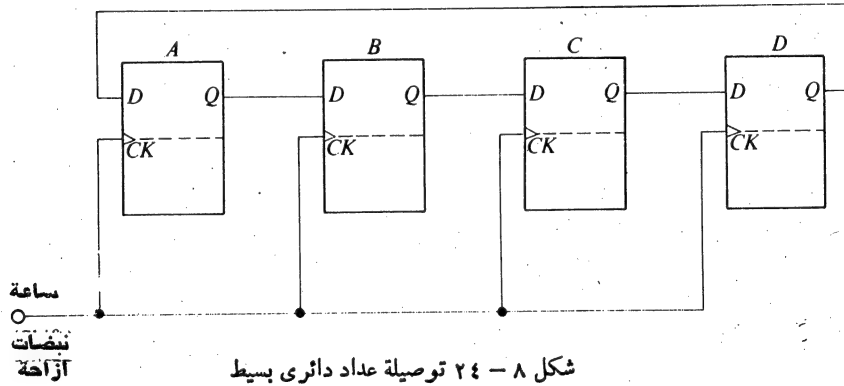


شكل ٨ - ٢٣ - عداد تموجات للنظام الثنائي بالشفرة العشرية 8421 BCD

الدائرتان القلايتان B و D تعملان كدائرتين قلايتين بسيطتين من نوع T . عند البداية تكون جميع الدوائر القلاية في الحالة «0» ويكون المخرج \bar{Q}_A في الحالة «1» وتتصل بالراجع بالدائرة القلاية C والتي تعمل مبدئياً كدائرة من النوع T أيضاً ، وتحت هذه الظروف يكون خرج بوابة «و» (AND) في الحالة المنطقية «0» وبذلك لا تتغير حالة الدائرة القلاية A . وعلى ذلك تعمل الدوائر القلاية D و C و B كدوائر معتادة من النوع T وتمتد بالتسلسل الثنائي المعتاد لأعلى النبضات السبع الأولى . بعد النبضة السابعة يصبح خرج بوابة «و» (AND) له القيمة المنطقية «1» ولما كانت Q_D أيضاً في الحالة المنطقية «1» فإن ذلك يسبب تغيير الحالة المنطقية للدائرة القلاية A عند النبضة الثامنة إلى الحالة المنطقية «1» وتتغير الحالة المنطقية لكل من Q_B و Q_C و Q_D إلى الحالة المنطقية «0» وبمجرد أن تصبح Q_A لها القيمة المنطقية «1» فإن \bar{Q}_A تكون لها القيمة المنطقية «0» في الحالة بحيث تتوقف الدائرتان القلايتان C و B عن العمل . والنبضة التاسعة تجعل Q_D في الحالة المنطقية «1» والنبضة العاشرة تجعل Q_D في الحالة المنطقية «0» وفي نفس الوقت تسلط إشارة منطقية «0» إلى مدخل الساعة في الدائرة القلاية Q_A وبالتالي يغير Q_A إلى حالة المنطقية «0» .

٨ - ١٢ العداد الدائري

العداد الدائري هو أساساً مسجل إزاحة يتصل فيه خرج آخر دائرة قلاية بمدخل المسجل كما هو مبين في شكل ٨-٢٤ والذي يستخدم دوائر قلاية من نوع D .



شكل ٨ - ٢٤ توصيلة عداد دائري بسيط

إذا كانت جميع الحالات Q للدوائر القلاية في الحالة المنطقية «0» وحملت الدائرة القلاية A بالقيمة المنطقية «1» فإنه عند أول نبضة للساعة تنتقل محتويات كل دائرة قلاية خطوة واحدة اليمين . بذلك تظهر القيمة المنطقية «1» المخزنة في A في الدائرة القلاية B والقيمة المنطقية «0» المخزنة في D تغذي عكسياً إلى الدائرة القلاية A . بذلك تدور القيمة «1» في مسجل الإزاحة دائرياً بحيث تنتقل خلال دائرة قلاية واحدة عند كل نبضة من نبضات الساعة .

ومن السهل فك شفرة العداد الدائري ، فثلاً ، كما يتضح عالياً ، عندما تكون Q_A لها القيمة المنطقية «1» فالعد يكون صفراً ، وعندما تكون Q_B لها القيمة المنطقية «1» يكون العد واحداً وعندما تكون Q_C لها القيمة المنطقية «1» يكون العد اثنين . . . الخ . وعلى ذلك يكون من الواضح أن طول دورة العداد الدائري للشفرة المولدة هو أربعة للعداد المرسوم عالياً في شكل ٨ - ٢٤ ، ومن ثم يحتاج العداد الدائري العشري إلى عشر دوائر قلاية . ومن ثم فإن العداد الدائري العادي غير اقتصادي في استخدام الدوائر القلاية .

ويمكن مضاعفة طول الدورة للعداد الدائري بالتغذية العكسية للخرج من \bar{Q}_D (بدلاً من Q_D) ويطلق عليه في هذه الحالة العداد الدائري الملتوى . إلا أنه أصعب بكثير فك شفرة العداد كما هو مبين في جدول الحقيقة (شكل ٨ - ٢٥) بالقرائن جميع الحالات Q للدوائر القلابة عند البدء في الحالة المنطقية «0» .

النظام العشري	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1
5	0	1	1	1
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1

شكل ٨ - ٢٥ جدول الحقيقة لعداد دائري ملتوى

وللتأكد عند البداية أن جميع الدوائر القلابة في الحالة المطلوبة يمكن استخدام الدائرة المنطقية المبينة في الشكل ٨ - ٢٦ والتي تغذي مدخل الدائرة القلابة A بالقيمة المنطقية «1» عندما تكون الحالات Q لجميع الدوائر القلابة في القيمة المنطقية «0» .

تمرين عمل ٨ ي :

عداد دائري ذو أربع مراحل

قم بتوصيل الدائرة المرسومة في شكل ٨ - ٢٧ والتي تمثل عداداً دائرياً ذا دورة زوجية الطول باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN7474 (دوائر قلابة من نوع D المزدوج) في دائرة رقم SN 7420 (بوابات نفي «و» NAND) لكل بوابة أربعة مداخل (1/4 دائرة رقم SN7404 (ستة بوابات نفي (NOT)) .

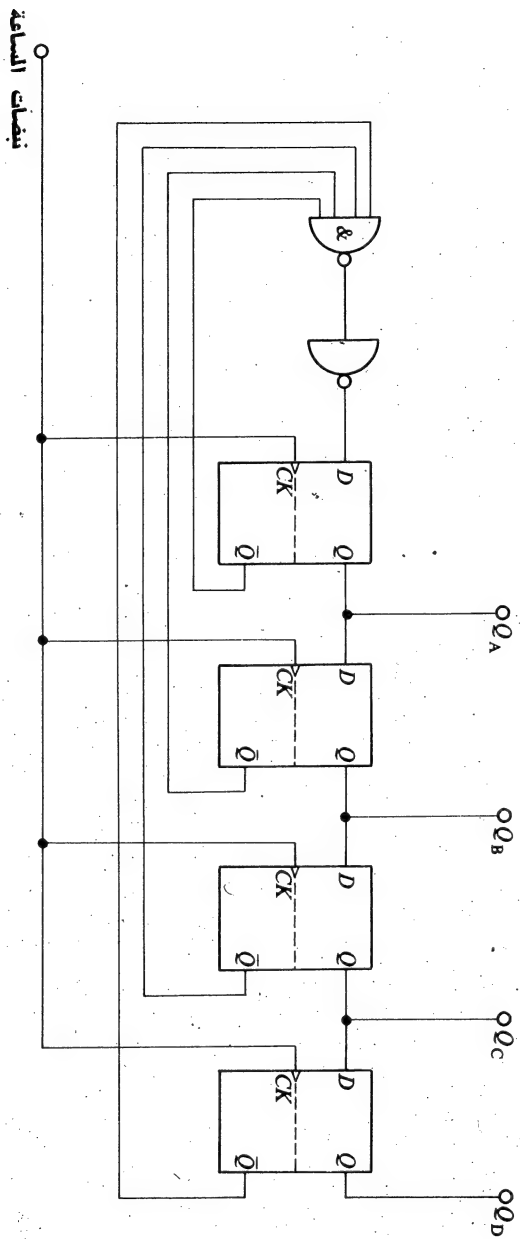
قم بتوصيل نبضات الساعة للعداد ولاحظ الحالة المنطقية للمخارج Q للدوائر القلابة باستخدام نبائط LED. استنتج جدول الحقيقة خلال دورة كاملة للعداد .

تمرين عمل ٨ ك :

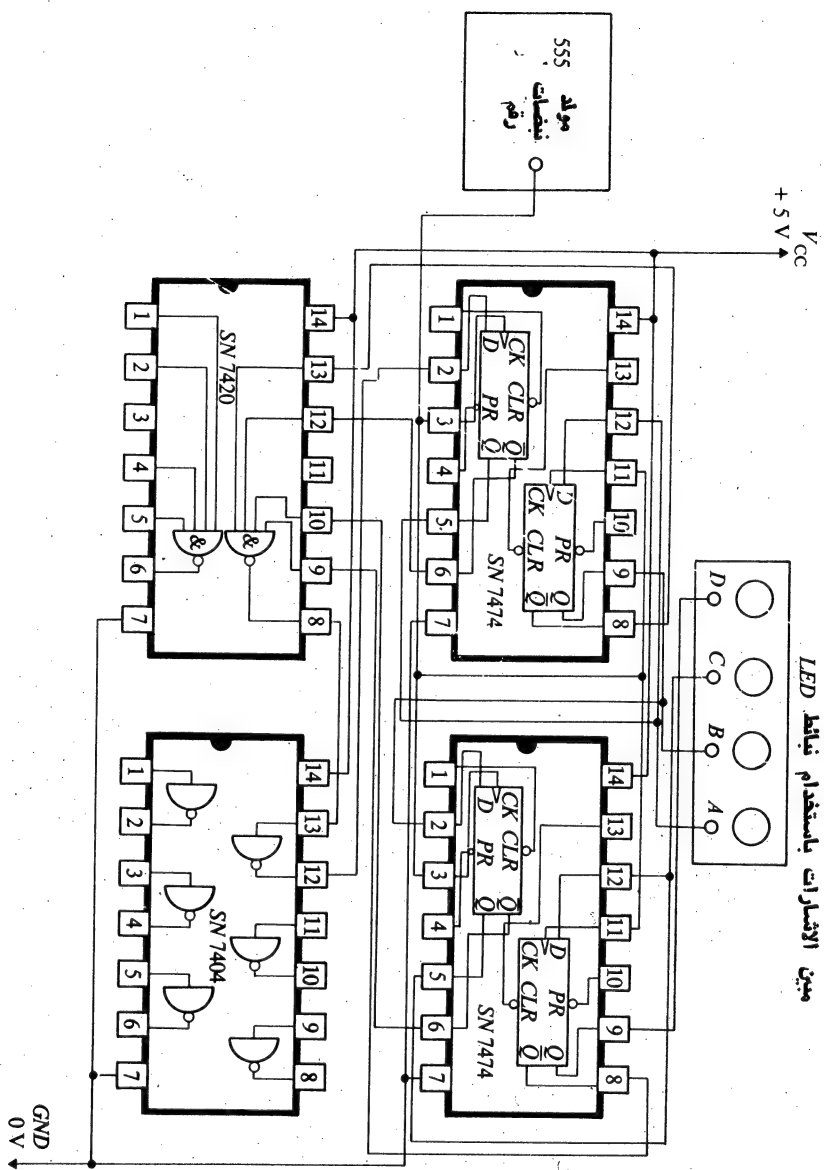
عداد جونسون (عداد دائري ملتوى) ذو دورة زوجية الطول

قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٨ - ٢٨ والتي تمثل عداد جونسون ذا دورة زوجية الطول والذي يتكون من ست مراحل باستخدام ثلاثة من الدوائر المتكاملة رقم SN 7404 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J - K) و 1/4 دائرة رقم N 7510 (بوابات نفي «و» NAND) ذات ثلاثة مداخل (1/4 دائرة رقم SN 7404 (ست بوابات نفي (NOT)) .

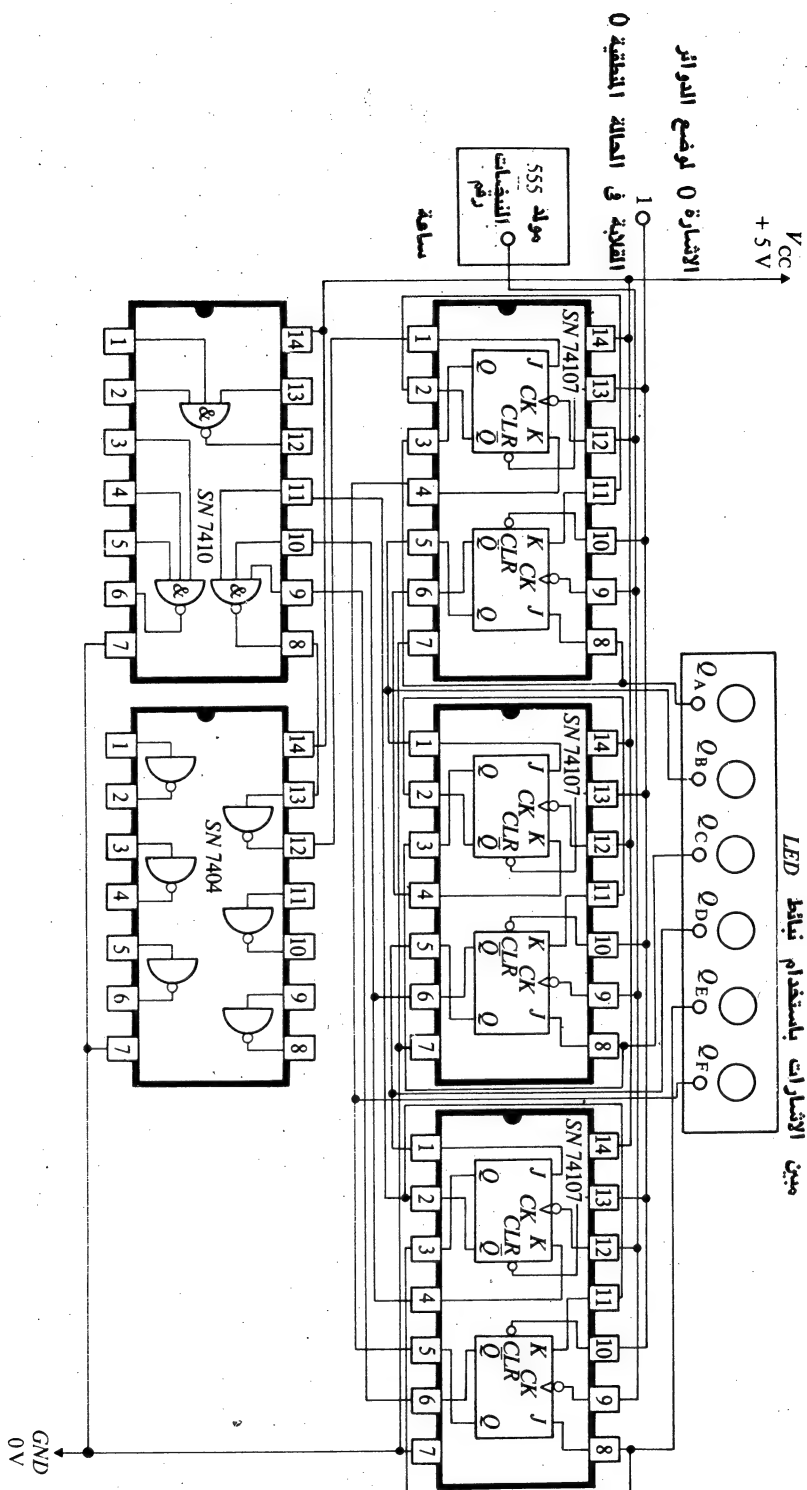
وصل سلسلة من نبضات الساعة على مدخل العداد وراقب حالة المخارج Q للدوائر القلابة على نبائط LED ثم استنتج جدول الحقيقة لدورة كاملة للعداد تتكون من 12 نبضة ساعة وقارن هذا الجدول بشكل ٨ - ٢٩ .



شكل ٨ - ٢١ عداد دائري مع شبكة التضمين المنطقية



شکل ۸ - ۲۷ عدد دایره‌ای نو دور زوجه الطول بکون من أربع مراحل



شكل ٨ - ٢٨ عداد جونسون الدائري ذو دورة زرجية الطول ومكون من ست مراحل

النظام العشري	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D	Q_E	Q_F
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	1

شكل ٨ - ٢٩ جدول الحقيقة لعداد جونسون ذى دورة زوجية الطول

برين عمل ٨ ل :

عداد جونسون (دائرى ملتو) ذو دورة فردية الطول

يمكن تعديل عداد جونسون إلى عداد ذى دورة فردية الطول باستخدام شبكة منطقية تكتشف حالة الدوائر القلابة .
تقفز الحالة التي تكون فيها جميع الخارج Q في الحالة المنطقية « 1 » قفلا في الجدول المبين أعلاه (شكل ٩ - ٢٩)
المطلوب اكتشاف الحالات المناظرة للعد 5 في النظام العشري والقفز مباشرة إلى الحالات التي تناظر العد 7 في النظام العشري .

قم بتوصيل عداد جونسون ذى الدورة فردية الطول والمكون من ست مراحل كما هو مبين في شكل ٨ - ٣٠ ،
باستخدام ثلاثة من الدوائر المتكاملة رقم SN74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J-K) ودائرة رقم SN 7410
(بوابة نفي « و ») (NAND) ذى ثمانية مداخل و ٣ دائرة رقم SN 7410 (بوابات نفي « و ») (NAND)
ذى المداخل الثلاثة و ٦ دائرة رقم SN 7404 (ستة بوابات نفي (NOT)) .

وصل سلسلة من نبضات الساعة ولا حظ حالة الدوائر القلابة Q على نبائط LED . واكتب جدول الحقيقة
لدورة كاملة مكونة من ١١ نبضة ساعة .

٨ - ١٣ مولد الأعداد العشوائية

مولد الأعداد العشوائية هو مسجل إزاحة يولد شفرات لاتتبع أى نظام منطقي ، أى أن الأعداد الثنائية تنتج
برتيب عشوائى .

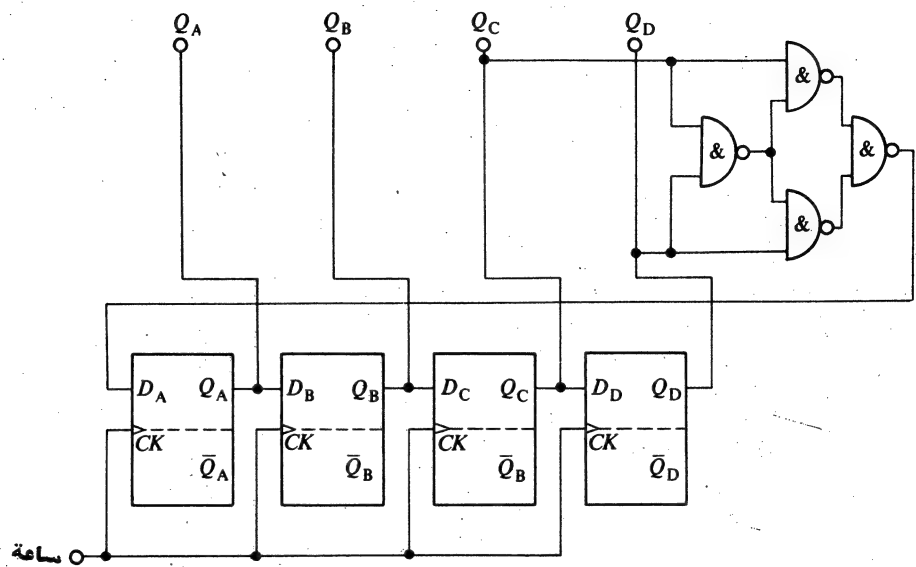
ويتم عادة تحقيق ذلك باستخدام مسجل إزاحة يتم تغذية مدخله من شبكة منطقية ومعقدة تستنبط إشارات من الدوائر
القلابة التي تكون المسجل .

يبين شكل ٨ - ٣١ توصيلة بسيطة لاتولد أرقاما عشوائية تماماً ولذلك يطلق عليها توصيلة « مولد الأعداد

10



شكل ٨ - ٣٠ عدد جونسون ذو دورة فردية الطول مكون من ست مراحل

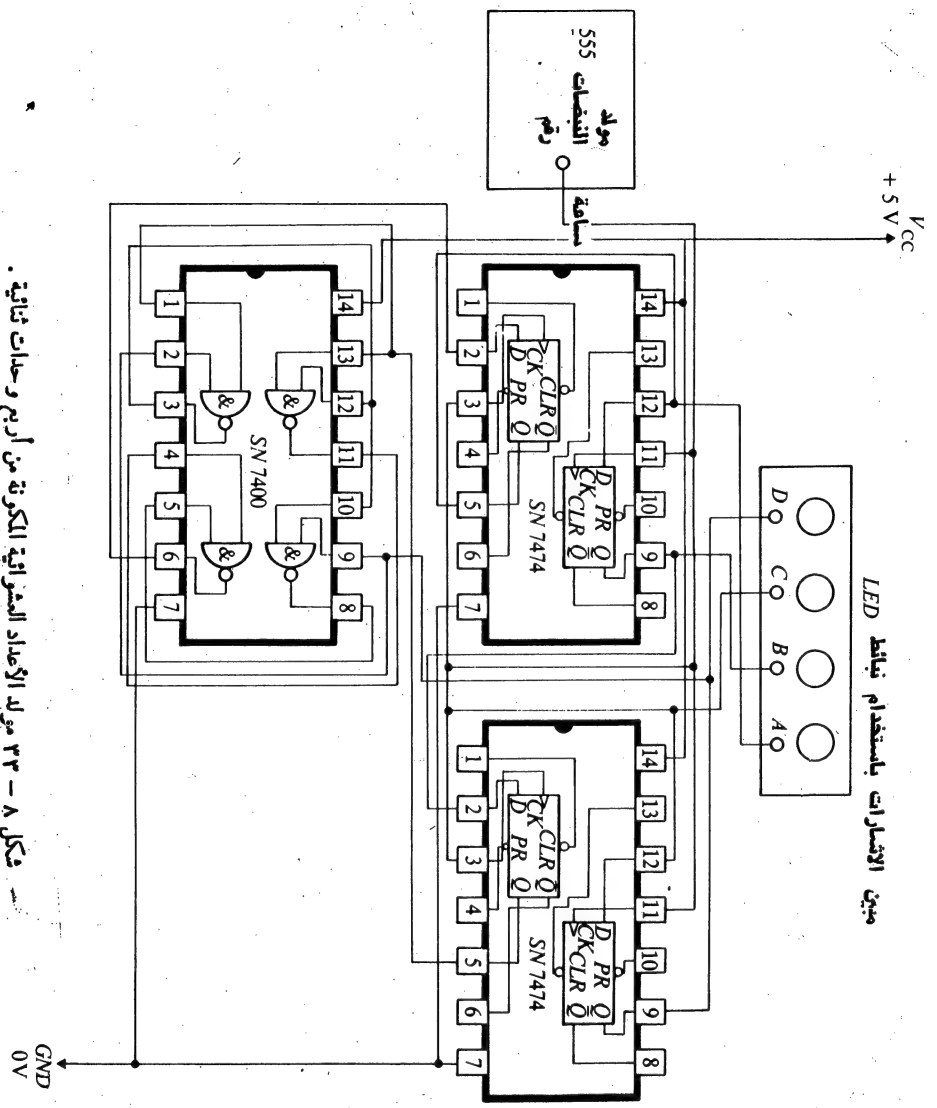


شكل ٨ - ٣١ مولد الأعداد العشوائية الزائفة

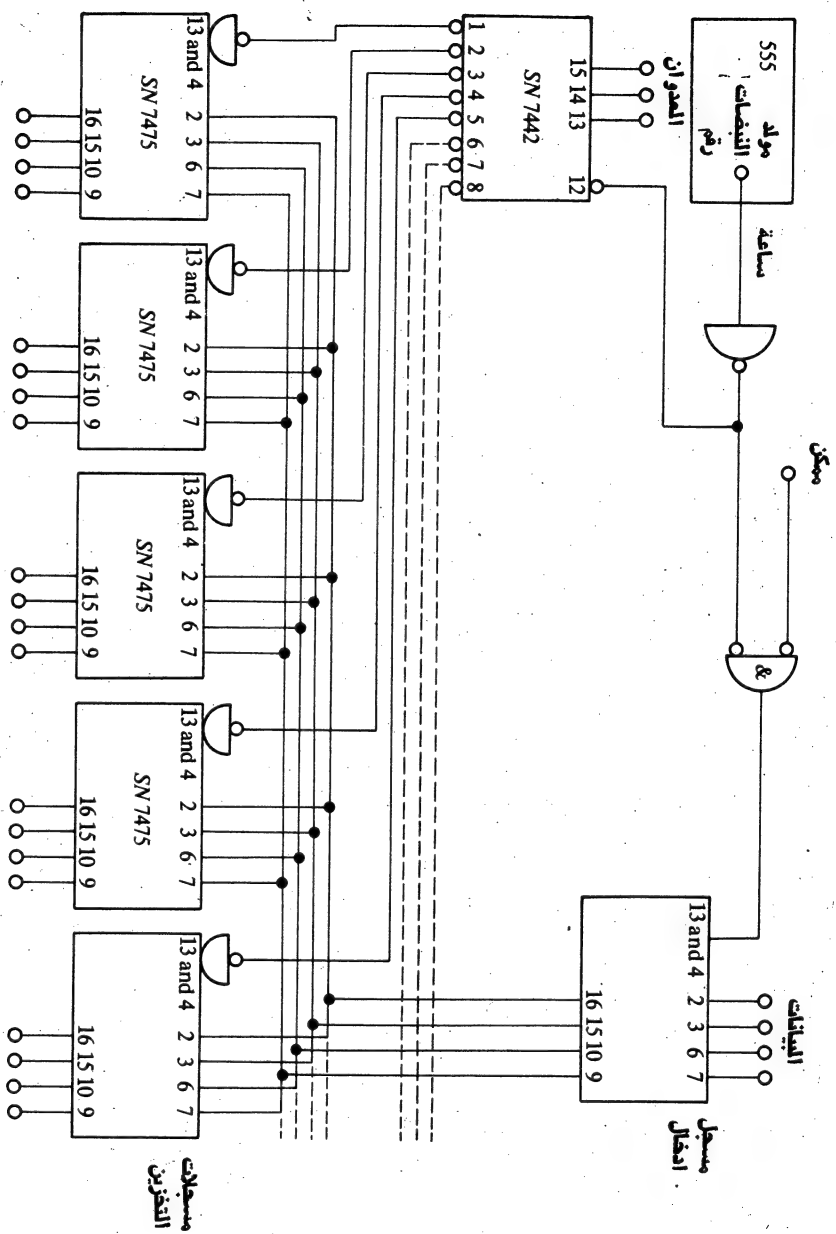
التظام العشري	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1
2	0	0	1	1
3	0	0	0	1
4	1	0	0	0
5	0	1	0	0
6	0	0	1	0
7	1	0	0	1
8	1	1	0	0
9	0	1	1	0
10	1	0	1	1
11	0	1	0	1
12	1	0	1	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0

شكل ٨ - ٣٢ جدول الحقيقة لمولد الأعداد العشوائية الزائفة

مبين الاتصالات باستخدام بنائط LED



شكل ٨ - ٣٣ مولد الأعداد المبرانية المكونة من أربع وحدات ثنائية.



شكل ٨ - ٣٤ مسجل تخزين يمكن ضرفته .

العشوائية الزائفة » وذلك لأنه إذا عرفت الحالة الأولية لمسجل الإزاحة فإنه يمكن التنبؤ بتسلسل الأعداد المولدة .

تضمن الشبكة المنطقية المستخدمة أن يبدأ العداد بالدائرة القلابة A في الحالة المنطقية «1» وتستخدم بوابة « أو » المنفردة (Exclusive — OR) لمقارنة حالة الخارج للدوائر القلابة C و D . بحيث تغذى D_A بإشارة بالقيمة المنطقية «1» عندما تكون Q_C و Q_D مختلفتين وتغذى D_A بإشارة بالقيمة المنطقية «0» عندما تكون Q_C و Q_D متساويتين . وعلى ذلك يكون جدول الحقيقة كما هو مبين في شكل ٨ - ٣٢ والذي يتكرر كل 15 نبضة ساعة .

تمرين عمل ٨ م :

مولد الأعداد العشوائية الزائفة

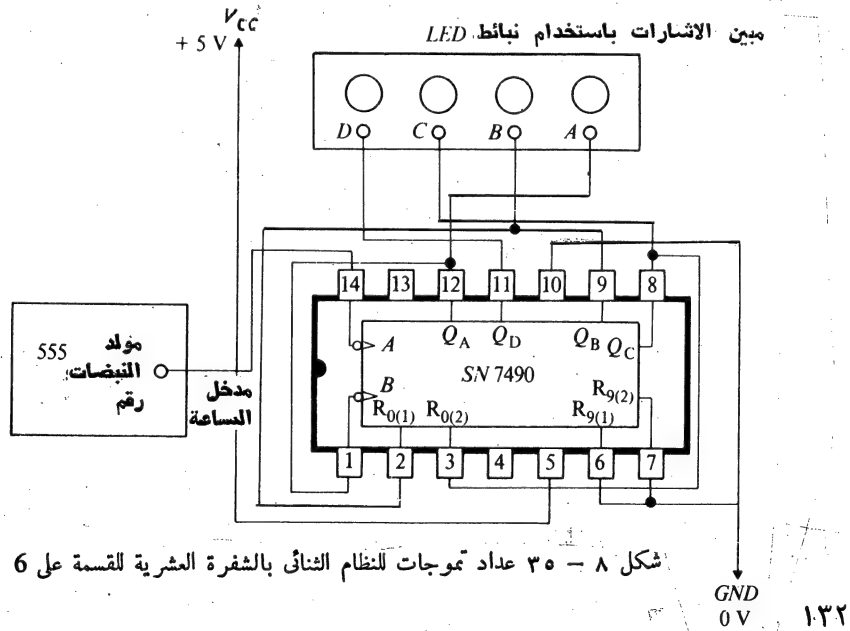
قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٨ - ٣٣ لمولد الأعداد العشوائية الزائفة باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN7474 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع D) ودائرة رقم SN 7400 (بوابات نفي « و » (NAND) رباعية لكل منها مدخلان) .

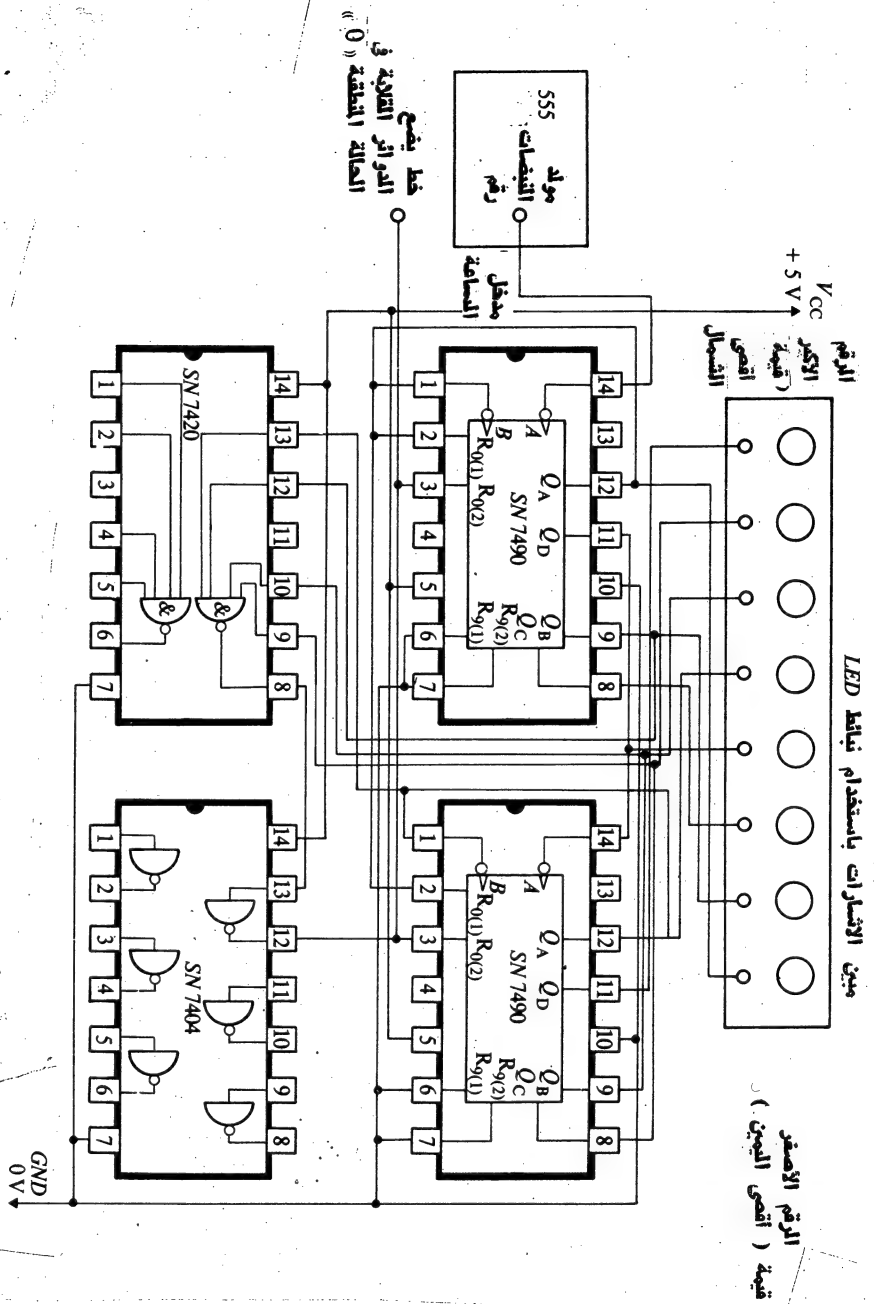
وصل نبضات الساعة للدائرة ولاحظ الأعداد الثنائية المكونة من ٤ وحدات ثنائية على نبائط LED . ثم اكتب جدول الحقيقة للمولد وقارنه بالجدول المبين في شكل ٨ - ٣٢ .

تمرين عمل ٨ ن :

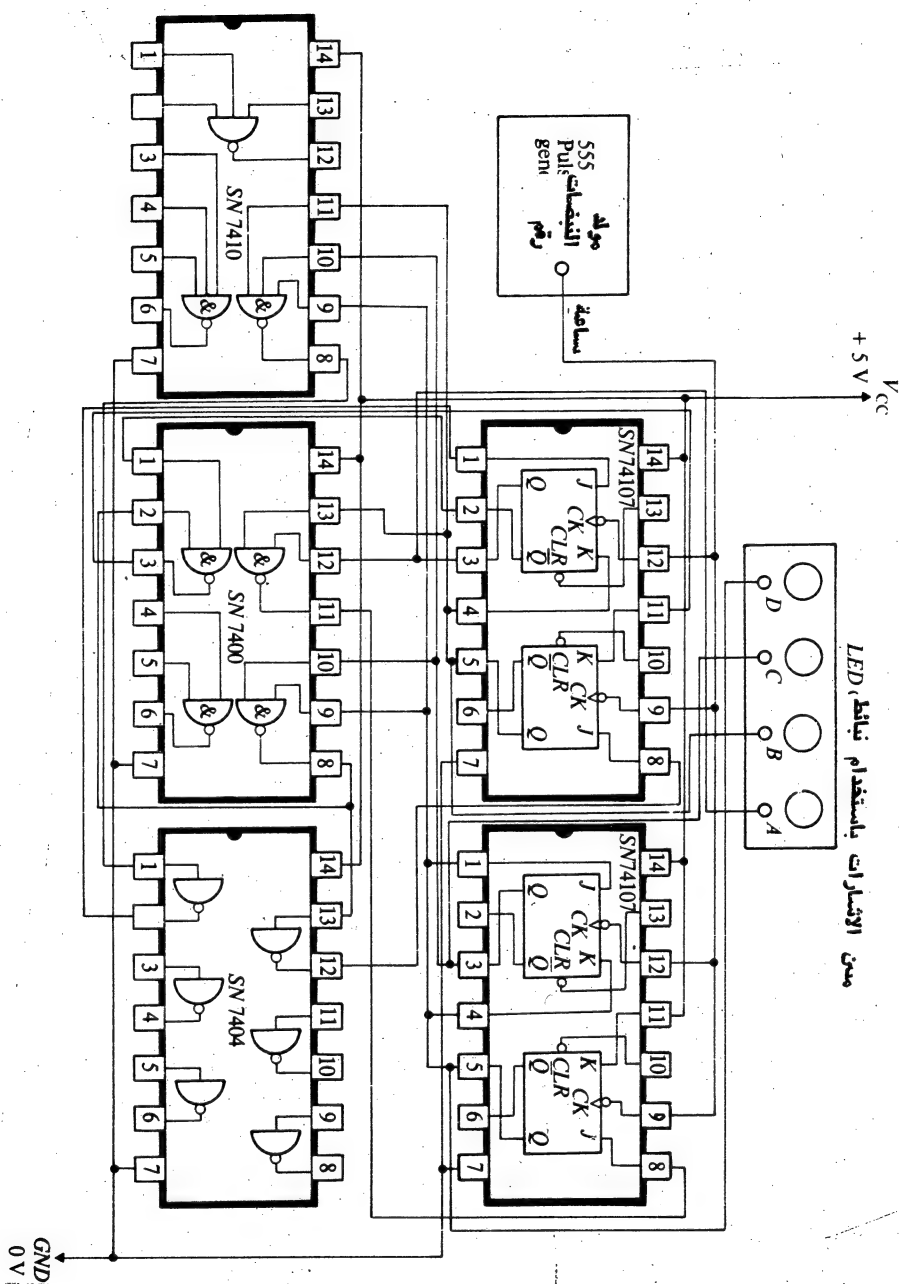
مسجل يمكن عنونه

يمكن استعمال الدائرة المتكاملة رقم SN7475 للسقطة الرباعية كمسجل يمكن عنونه بأربعة أرقام ثنائية لكل بايت ، وذلك بتوصيل العدد المطلوب منها كما هو مبين في شكل ٨ - ٣٤ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 7442 كدائرة فك الشفرة للنظام الثنائي بالشفرة العشرية (BCD) كدائرة بينية للعنوان والتي يمكنها فك شفرة ثلاثة - إلى ثمانية أو أربعة - إلى عشرة مسجلات .





شكل ٨ - ٣٦ عداد تدرجات النظام الثنائي بالشفرة العشرية المقسمة على 73



شكل ٨ - ٣٧ عداد متزامن القسمة على 13

وصل العدد الثنائي المطلوب تخزينه والمكون من أربعة أرقام ثنائية على مسجل الإدخال وعنوان المسجل المطلوب في الدائرة رقم SN7442 . ثم صل إشارة تمكين الدخل ونبضات الساعة . كرر العملية السابقة « بتخزين » أعداد أخرى كل منها مكون من أربعة أرقام ثنائية في المسجلات المختلفة . اقرأ البيانات المخزنة في المسجلات المختلفة . اقرأ البيانات المخزنة في المسجلات باستخدام نبائط LED .

تمرين عمل ٨ س :

عداد تموجات للنظام الثنائي بالشفرة العشرية (BCD) للقسم 6

يمكن تعديل توصيلة العداد العشري والذي يستخدم الدائرة رقم SN7490 لتغيير طول دورة المد بلفك الشفرة . فتغذى إشارة فك الشفرة عكسياً لمدخل التفضية CLEAR غير المتزامن حتى يقوم العداد بتصغير طول درجة المد . فالخرج الذي يكون في الحالة المنطقية «1» في نهاية المد يغذى عكسياً إلى RESET ليجعل الداخل 0 (و R₀₍₂₎) و R₀₍₁₎) كما هو مبين في الشكل ٨ - ٣٥ والذي يستخدم دائرة متكاملة رقم SN 7490 كعداد عشري .

شغل الدائرة بتوصيل نبضات الساعة وراقب الخرج على نبائط LED .

تمرين عمل ٨ ع :

عداد تموجات للنظام الثنائي بالشفرة العشرية BCD للقسم 73

يمكن تصميم عدادات لتحقيق نسب أعلى للقسم في النظام الثنائي بالشفرة (BCD) باستخدام دائرتين SN 7490 على التوالي . يجب ملاحظة أن الأعداد الثنائية بالشفرة العشرية التي ليس بها أكثر من اثنين من الأرقام متتاليين في الحالة «1» لا تحتاج لشبكة بوابات منطقية خارجية لفك الشفرة .

قم بتوصيل شبكة العداد المبينة في شكل ٨ - ٣٦ باستخدام عدادين عشريين (SN 7490) و $\frac{1}{4}$ دائرة متكاملة رقم SN 7420 (بوابات نفي «و» NAND) المزدوجة لكل بوابة منهما أربعة مداخل و $\frac{1}{4}$ دائرة رقم SN7404 (ستة بوابات «نفي» NOT) .

وصل نبضات الساعة للمدخل ولا حظ خرج العداد باستخدام نبائط LED .

تمرين عمل ٨ ف :

عداد متزامن للقسم 13

قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٨ - ٣٧ باستخدام اثنتين من الدوائر المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابية مزوجة من نوع J-K) و $\frac{1}{4}$ دائرة رقم SN 7410 (بوابات نفي «و» NAND) الثلاثة لكل منها ثلاثة مداخل و $\frac{3}{4}$ دائرة رقم SN 7400 (بوابات «نفي» «و» NAND) الرباعية لكل منها مدخلان و $\frac{1}{4}$ دائرة رقم SN 7404 (ستة بوابات نفي NOT) .

وصل سلسلة من نبضات الساعة للمدخل ولا حظ حالة الخرج باستخدام نبائط LED .

الفصل التاسع

نظم التحكم في العمليات الصناعية باستخدام الدوائر المنطقية

٩ - ١ مقدمة

يعتمد تشغيل عدد كبير من العمليات الصناعية على وجود تركيبة معينة للإشارات الداخلة لبدء العمل مثل النظام البسيط للتحكم في تشغيل الماكينة والذي قدمناه في الفصل الرابع . إلا أن هناك عدداً كبيراً من العمليات الصناعية تتطلب نظاماً منطقياً لبدء التشغيل بعد توالى حدوث سلسلة من الوقائع . وتتطلب هذه النظم استخدام عناصر ذاكرة ، وعدادات ، ودوائر توقيت وكذلك البوابات المنطقية الأساسية .

ويوضح شكل ٩ - ١ الرسم المنطقي لمثال بسيط لمزلاج آمن وفيه يفتح القفل عند الضغط على الأزرار بالتسلسل A و B . وأى تسلسل آخر يطلق جهاز الإنذار (المسوع أو المرئى) ويمكن إلغاء هذا الإنذار وإعادة غلق الباب بضغط الأزرار A و B و C في نفس الوقت .

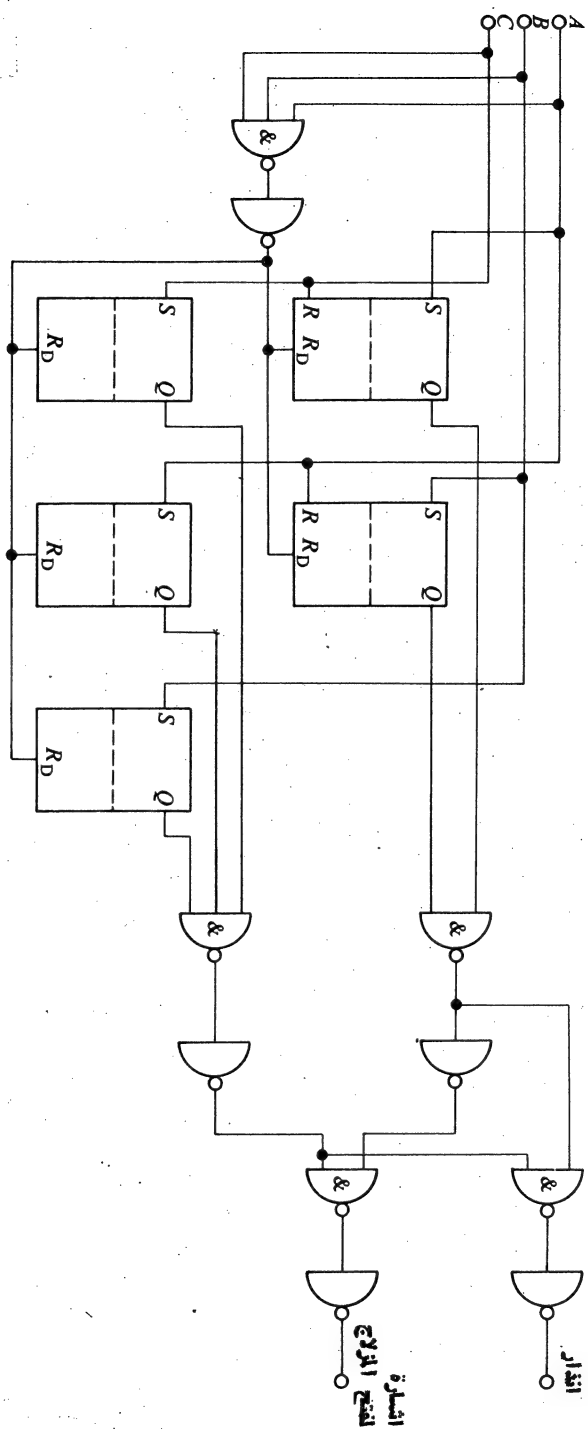
سنقدم في هذا الفصل عدة تطبيقات باستخدام الدوائر المنطقية التراكيبية والمتسلسلة وسنشرح العوامل المختلفة لكل نظام ونفحص الدائرة الرقمية التي تحقق الأهداف المطلوبة من النظام . وتطوير هذه الدوائر لتطبيقها في عمليات صناعية محددة تعتبر مرحلة لاحقة في عملية التصميم .

تمرين عمل ٩ (أ) :

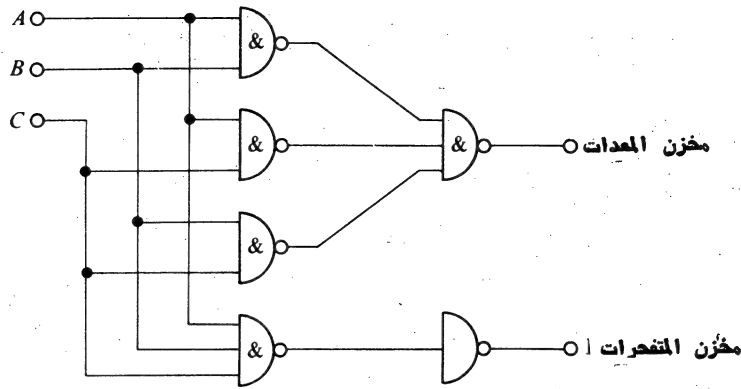
نظام أمن بسيط

هناك محاولات كثيرة تتطلب استعمال نظم للأمن تتراوح بين استخدامات البنوك واستخدامات التحكم في تفريغ المتفجرات من الموقع . لنفرض أن هناك مخزناً (أو حظيرة) تغطي موقفاً شاسعاً والمطلوب التحكم في الوصول (أو نقل) المتفجرات . ولنفترض أن نفس الحظيرة تستخدم أيضاً كمخزن للمعدات بحيث تكون الغرفة الداخلية لتخزين المتفجرات . يوجد ثلاثة أشخاص مصرح لهم بدخول الغرفة الخارجية (غرفة المعدات) ومع كل منهم مفتاح . ويلزم إثنان من هذه المفاتيح لدخول الغرفة الخارجية إلا أنه يجب استعمال المفاتيح الثلاثة كلها لدخول غرفة المتفجرات الداخلية .

ويمكن تحقيق هذه المتطلبات بالدائرة المنطقية المبينة في الشكل ٩ - ٢ .



شكل ٩-١ دائرة قراكية بسيطة لمزاج .



شكل ٩ - ٢ نظام أمن بسيط

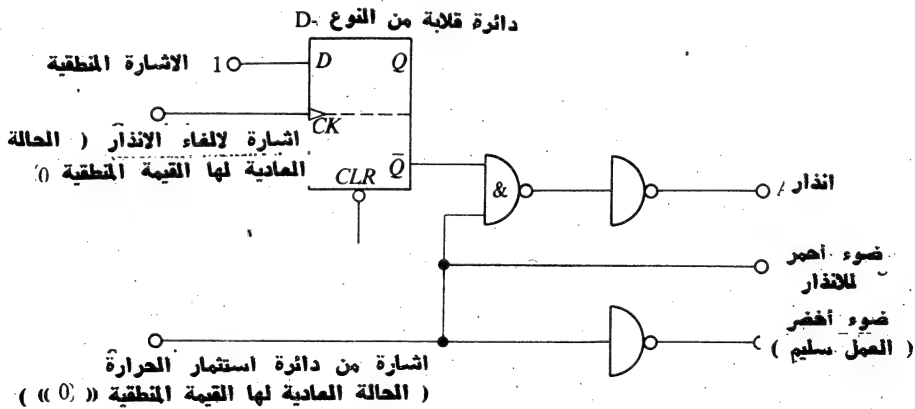
قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة في شكل ٩ - ٢ باستخدام ٣/٤ الدائرة المتكاملة رقم SN 7400 (بوابات نفي «و» NAND) رباعية لكل منها مدخلان و ٢/٣ رقم SN 7410 (بوابات نفي «و» NAND) الثلاثية لكل منها ثلاثة مداخل و ١/٤ رقم SN 7404 (بوابات نفي (NOT)).

قم بتوصيل كل توافيق الإشارات الداخلة الممكنة المناظرة لعمل الأزرار الثلاثة ولاحظ الإشارات الخارجة باستخدام نبائط LED لتحقق من هذا النظام.

تمرين عملي ٩ (ب) :

نظام إنذار لعملية صناعية

تأمل عملية صناعية تتطلب مراقبة درجة الحرارة لمعرفة حالة العملية الصناعية . فعندما تكون درجة الحرارة عادية يلزم إضاءة لون أخضر . أما عند حدوث أى خطأ بحيث ترتفع درجة الحرارة يضيء لون أحمر يذير بالخطر وينطلق اللون الأخضر . وفي نفس الوقت يشغل إنذاراً مسموعاً .



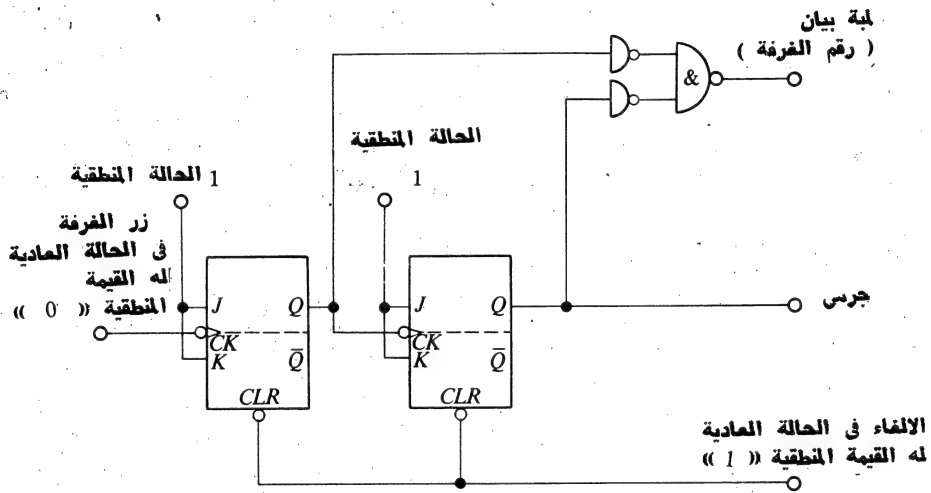
شكل ٩ - ٣ الدائرة المنطقية لنظام إنذار لعملية صناعية .

اجعل الآن إشارة استشعار درجة الحرارة في الحالة المنطقية « 0 » (تم تصحيح الخطأ) وراقب إضاءة اللون الأخضر وأن الضوء الأحمر يمتحن في نفس اللحظة .

تمرين ٩ (ج) :

نظام خدمة الغرف في الفندق

افترض فندقاً صغيراً أو مسكناً كبيراً بحيث توجد أزرار موزعة في جميع الغرف مع وجود لوحة بيان بالمطبخ مضيئة لأرقام الغرف وجرس . المطلوب تصميم نظام منطقي بحيث يكون في الوضع العادي جميع لمبات البيان مطفأة والجرس صامت وعند ضغط زر غرفة معينة تضيء اللبة الممثلة لهذه الغرفة في اللوحة بالمطبخ . وإذا تم ضغط نفس الزر مرة ثانية يندق جرس ويستمر في الرنين . ويمكن إنهاء رنين الجرس وإطفاء اللوحة من المطبخ . وشكل ٩ - ٥ يبين الشبكة المنطقية لهذا النظام .

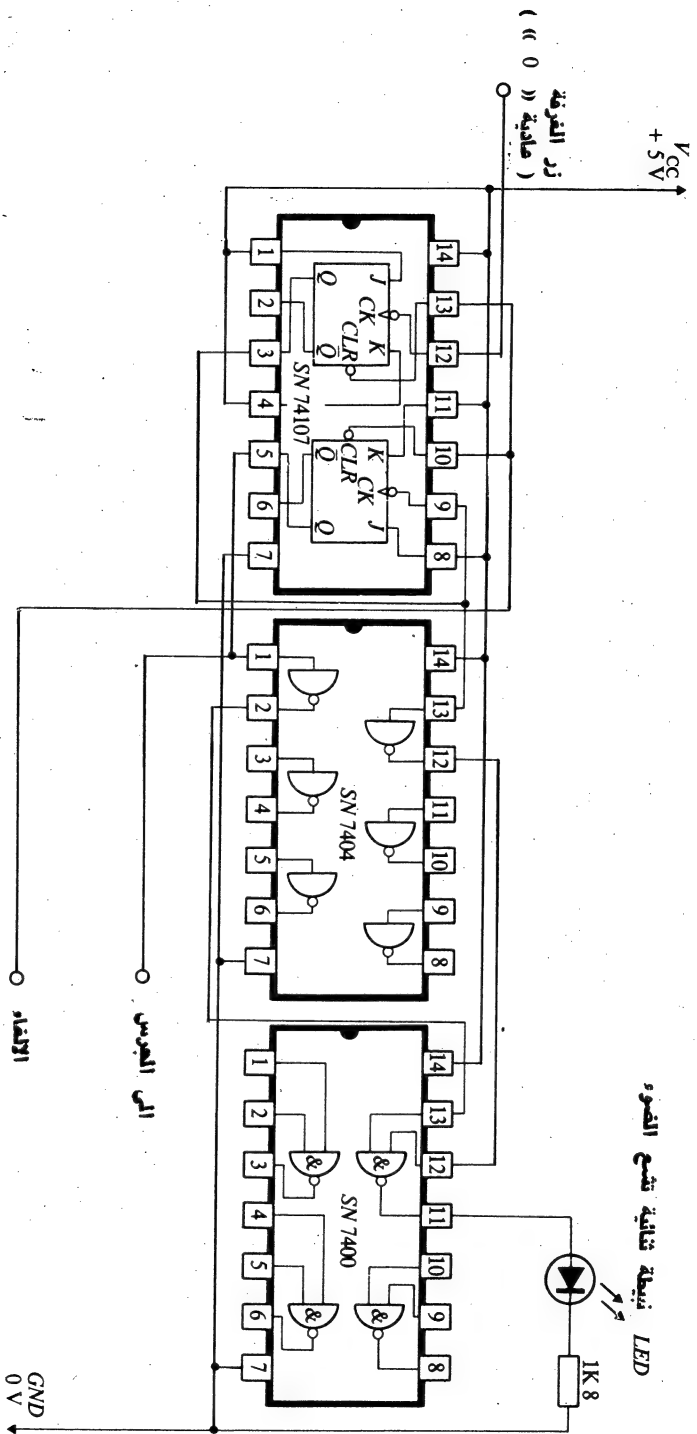


شكل ٩ - ٥ الشبكة المنطقية لنظام خدمة غرف الفندق .

قم بتوصيل الشبكة المنطقية المبينة في شكل ٩ - ٦ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J - K) و ١/٤ دائرة رقم SN 7400 (بوابات نفى « و » (NAND) الرباعية لكل منها مدخلان) و ١/٣ دائرة رقم SN 7404 (بوابات نفى (NOT)) .

ضع زر الغرفة في الحالة المنطقية « 1 » ثم في الحالة المنطقية « 0 » ولاحظ إضاءة لمبة البيان .

ضع زر الغرفة في الحالة المنطقية « 1 » ثم في الحالة المنطقية « 0 » مرة ثانية ولاحظ رنين الجرس واستمرار إضاءة اللبة . ضع الآن الإشارة المنطقية « 1 » على طرف إلغاء الرنين ولمبة البيان وراقب توقف الرنين وانطفاء اللبة .



شكل ٩ - ٦ نظام الخدمة في غرف الفندق

تمرین عملی ۹ (د) :

التحكم في المصعد

نفترض المطلوب تصميم دائرة للتحكم في مصعد يعمل بين طابقين . في كل طابق يوجد زران يعملان بالضغط مكتوب عليهما ١ و ٢ . إذا أراد شخص أن يصعد من الطابق ١ إلى الطابق ٢ فعليه أولاً : الضغط على الزر المكتوب عليه ١ لينتدئ على المصعد ، ثانياً : يدخل المصعد عند وصوله ، ثالثاً : يضغط على الزر المكتوب عليه ٢ داخل المصعد ليرتفع المصعد للطابق ٢ .

(أ) يستطيع المصعد العمل من أى من الطابقين .

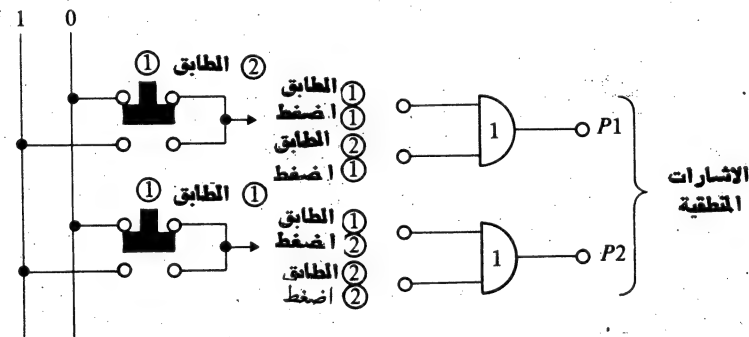
(أ) يستطيع المصعد العمل من أى من الطابقين .

(ب) نستطيع معرفة ما إذا كان المصعد في الطابق ١ أو في الطابق ٢ .

(ج) لو كان المصعد يتحرك لحظة الضبط على أي زر يجب أن يستمر المصعد في حركته بنفس النظر عن الزر المضغوط .

(د) لو توقف المصعد في طابق ثم ضغط على زر في نفس الطابق لا يتحرك المصعد ولا يعمل المحرك الكهربائي للمصعد.

يمكن تحقيق الشرط الأول بتوصيل الزرين المكتوب عليهما ١ بالحالة المنطقية « 1 » والحالة المنطقية « 0 » أى أنه إذا ضغط على الزر ينقل النظام إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » كما هو مبين في شكل ٩ - ٧ (أ) وتبر الإشارة من كل زر إلى بوابة « أو » OR كما هو مبين في الشكل ٩ - ٧ (ب) .



(1)

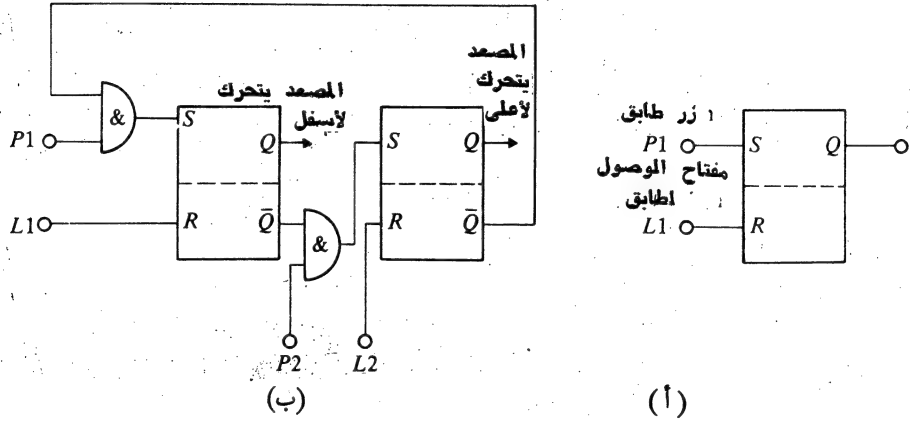
(پ)

شكل ٩ - ٧ الإشارات المنطقية للتحكم في المصعد (أ) أزرار التشغيل (ب) الإشارات المنطقية .

يمكن تحقيق الشرط الثانى بوضع جهاز استشعار لمعرفة الطابق الموجود به المصعد أى فى صورة مفتاح يقفل عندما يصل المصعد للطابق ١ أو للطابق ٢ . فإذا فرضنا أن المفتاحين يكونان بحيث عندما يكون المصعد فى الطابق ١ يكون خرج المفتاح L 1 له القيمة المنطقية « 1 » وعندما يكون المصعد فى الطابق ٢ يكون خرج المفتاح L 2 مساوياً للقيمة المنطقية « 1 » وعلى ذلك عندما يكون المصعد بين الطابقين تكون كل من الإشارتين L 1 و L 2 لهما القيمة المنطقية « 0 » .

والآن عند تشغيل زر الضغط يتحرك المصعد حتى يصل إلى الطابق المقصود ويتوقف عند وصول الإشارة من مفتاح الوصول المقصود ويمكن التحكم في ذلك باستخدام دائرة قلابة من نوع $S-R$ كما هو مبين في الشكل ٨-٩ (أ) .

من الواضح أن الدائرة القلابية البسيطة من النوع $S-R$ لن تعمل بطريقة سليمة إذا كان المصعد عند الطابق المختار ، بمعنى عندما تكون $S = R = 1$. إلا أنه يمكن التغلب على هذا باستعمال الشبكة المنطقية المرسومة في شكل ٨-٩ (ب) والتي تمنع زر الضغط $P1$ (في أى من الطابقين) من تشغيل الدائرة القلابية للمصعد إلى أسفل إذا كان المصعد يتحرك لأعلى في اتجاه الطابق ٢ .



شكل ٨-٩ الإشارات المنطقية للتحكم في محرك المصعد

يبين شكل ٩-٩ النظام الكامل للتحكم في حركة المصعد باستخدام دوائر قلابة من نوع $J-K$.

قم بتوصيل الشبكة المرسومة في شكل ٩-١٠ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع $J-K$) والدائرة رقم SN7400 (بوابات نفي «و» NAND) الرباعية ولكل مدخلين ودائرة رقم SN 7404 (بوابات نفي NOT) .

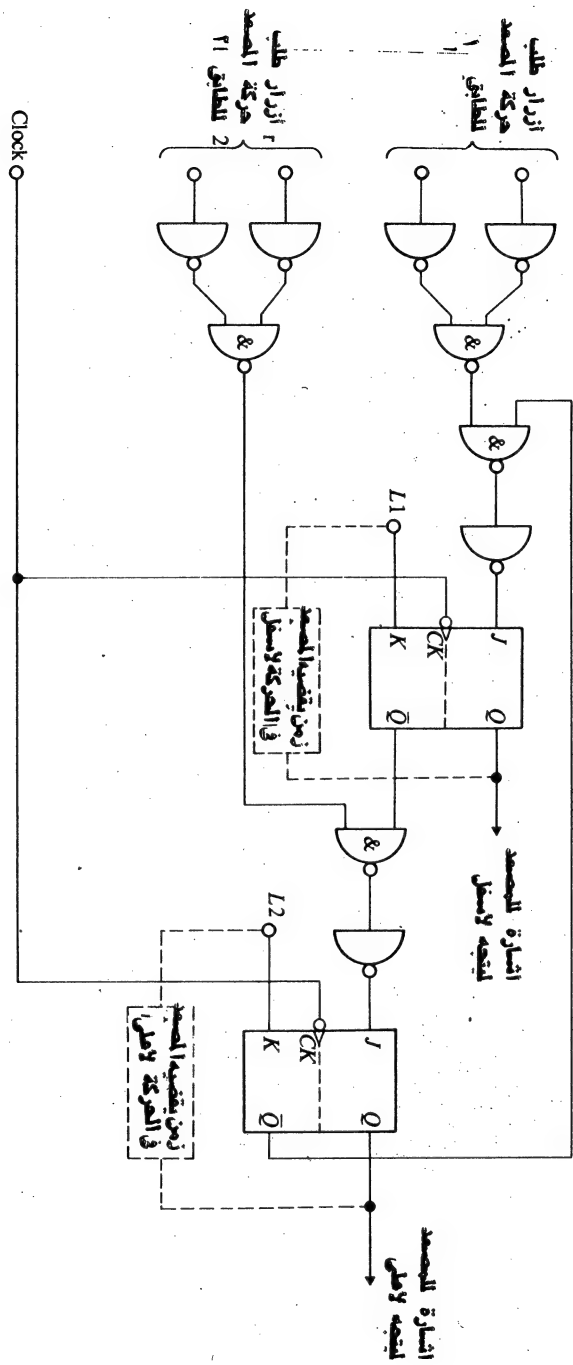
وصل نبضات الساعة بتشغيل مولد النبضات رقم 555 عند تردد عال سلط إشارات لمحاكاة تشغيل أزرار الضغط واستخدم التباث LED لمحاكاة الحالات المنطقية لتشغيل المصعد . سلط إشارات لمحاكاة عمل مفاتيح الوصول - بعد تحرك المصعد بوضع ثوان .

تمرين عمل ٩ (٥) :

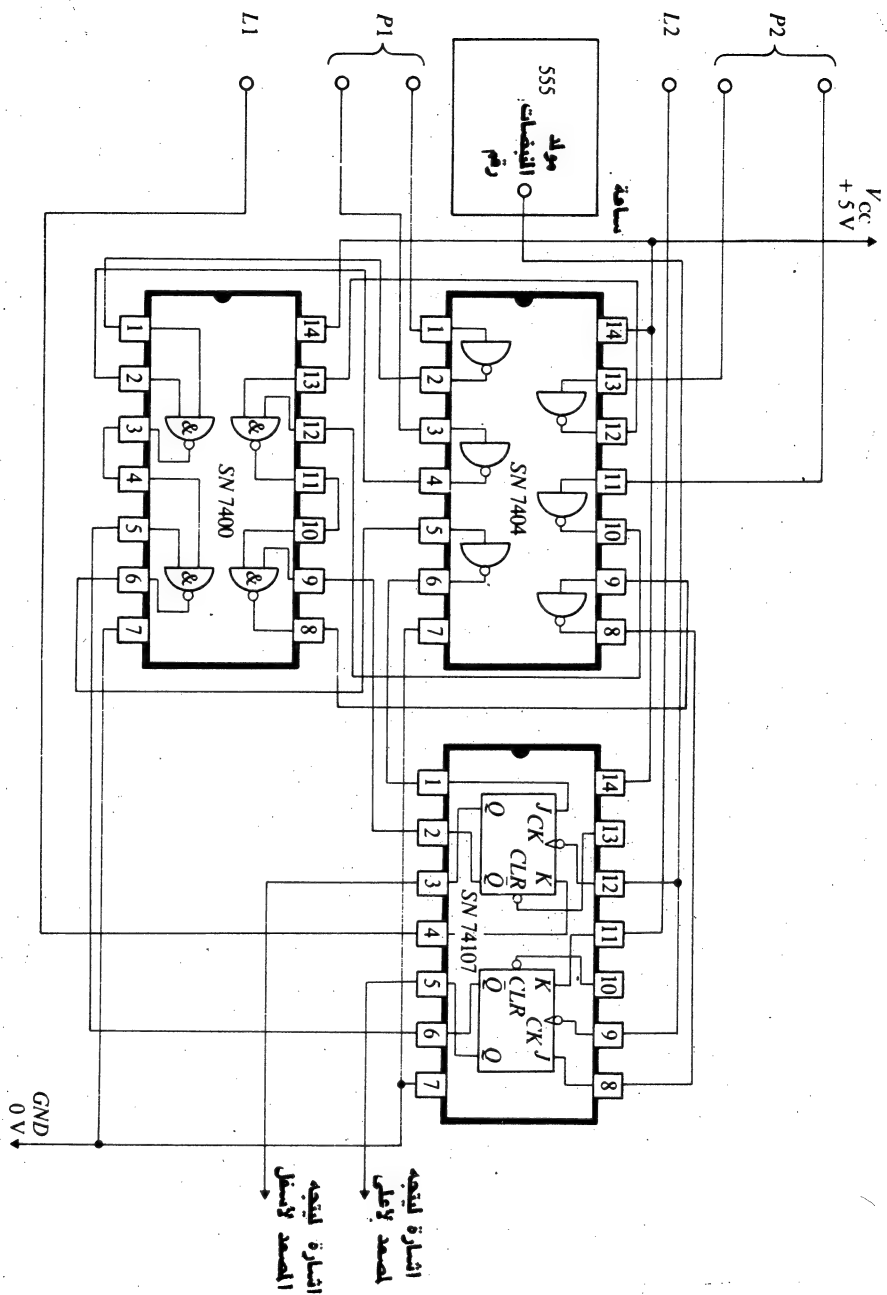
مزلقان سكة حديد أوماتيكي

المطلوب تصميم دائرة تقوم بإرسال إشارة تحذير في شكل أضواء متقطعة مع رنين جرس عند اقتراب قطار من المزلقان ، وأن يستمر الضوء المتقطع ورنين الجرس خلال مرور القطار وحتى انتهاء عبوره بأمان للمزلقان .

ويمكن الحصول على الإشارات التي تدل على موضع القطار عن طريق مجموعة من ثلاثة مفاتيح ضغط موضوعة بطريقة معينة عند ثلاث نقاط على قضبان القطار . المفتاح الأول موضوع قبل المزلقان بمسافة كافية بحيث يمر وقت مناسب للتنبيه باقتراب القطار .



شكل ٩ - الشبكة المنطقية للتحكم في عمل المصعد .

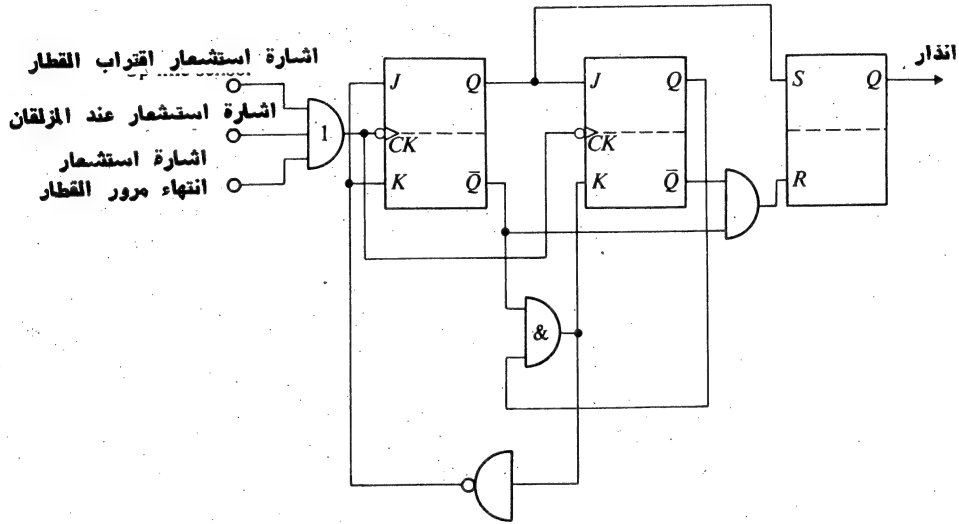


شكل ٩ - ١٠ توصيلة لشبكة التحكم في عمل المعد بين طابقين .

المفتاح الثاني موضوع عند المزلقان نفسه والمفتاح الثالث موضوع بعد المزلقان بمسافة كافية لضمان انتهاء مرور القطار عبر المزلقان . يجب ملاحظة تكرار نظام المفاتيح بالنسبة لخط القطارات الثاني .

نفترض أنه عند مرور القطار فوق أى من المفاتيح الثلاثة تخرج منها الإشارة المنطقية « 1 » ولا يهمننا في هذه الحالة استمرار الإشارة طوال فترة الضغط على المفتاح ولكننا نهتم في هذا النظام بالتغيير المبدئي .

تستعمل بوابة « أو » (OR) لتجميع الإشارات الثلاث الناتجة من المفاتيح الثلاثة بحيث يكون خرج البوابة داخلاً إلى مدخل نبضات الساعة لعداد الحد الأقصى للعدد ٣ أى عداد ثنائى بسيط يعد النبضات بالترتيب 2, 1, 0, 2, 1, 0 . . . الخ . ويركب هذا العداد من دائرتين قلابتين من نوع J—K ويتحكم العداد في دائرة قلابة من نوع S—R التي تشغل إنذاراً مسموعاً مرئياً كما هو مبين في شكل ٩ - ١١ .

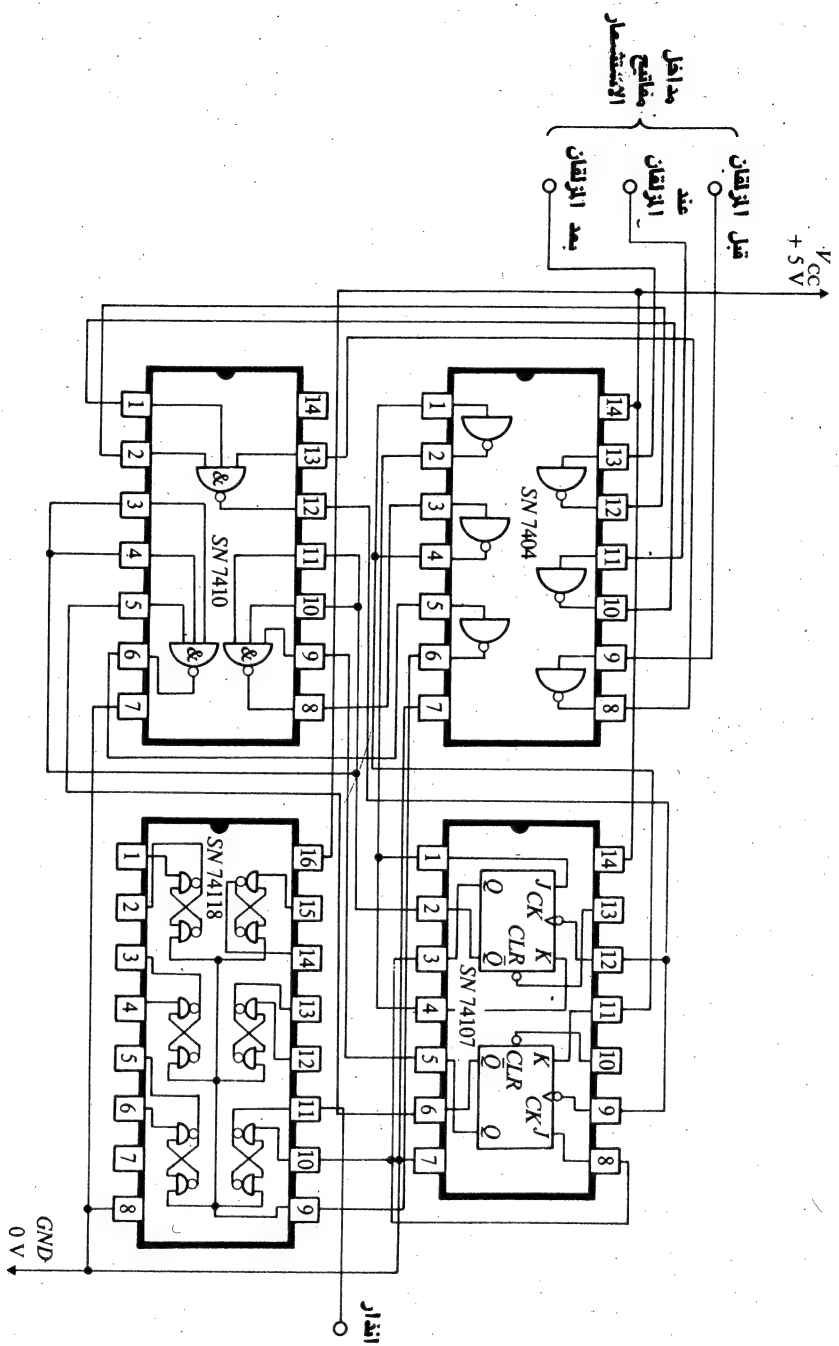


شكل ٩ - ١١ الشبكة المنطقية لدائرة إنذار عند مزلقان أوتوماتيكية .

قم بتوصيل الدائرة المرسومة في شكل ٩ - ١٢ باستخدام الدائرة المتكاملة رقم SN 74107 (دوائر قلابة مزدوجة من نوع J—K) و ١/٤ دائرة رقم SN 74118 (دوائر قلابة من نوع سقاطة S—R ودائرة رقم SN 7404 (بوابات نفي (NOT) ودائرة رقم SN 7410 (بوابات نفي « و » (NAND) الثلاثية ولكل منها ثلاثة مداخل) .

وصل الإشارة المنطقية « 1 » على مدخل إشارة استشعار اقتراب القطار ثم اجعل إشارة هذا المدخل « 0 » وراقب الحالة المنطقية للإشارة الدالة على الإنذار باستخدام نبضة LED .

وصل إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » على مدخل الاستشعار الموجود عند المزلقان ثم اجعل هذه الإشارة بالقيمة المنطقية « 0 » وتأكد من استمرار الإنذار . أخيراً وصل إشارة بالقيمة المنطقية « 1 » على مدخل الاستشعار الدال على انتهاء مرور القطار ثم وصل على نفس المدخل الإشارة المنطقية « 0 » وتأكد من انتهاء الإنذار بمجرد وصول هذه الإشارة .



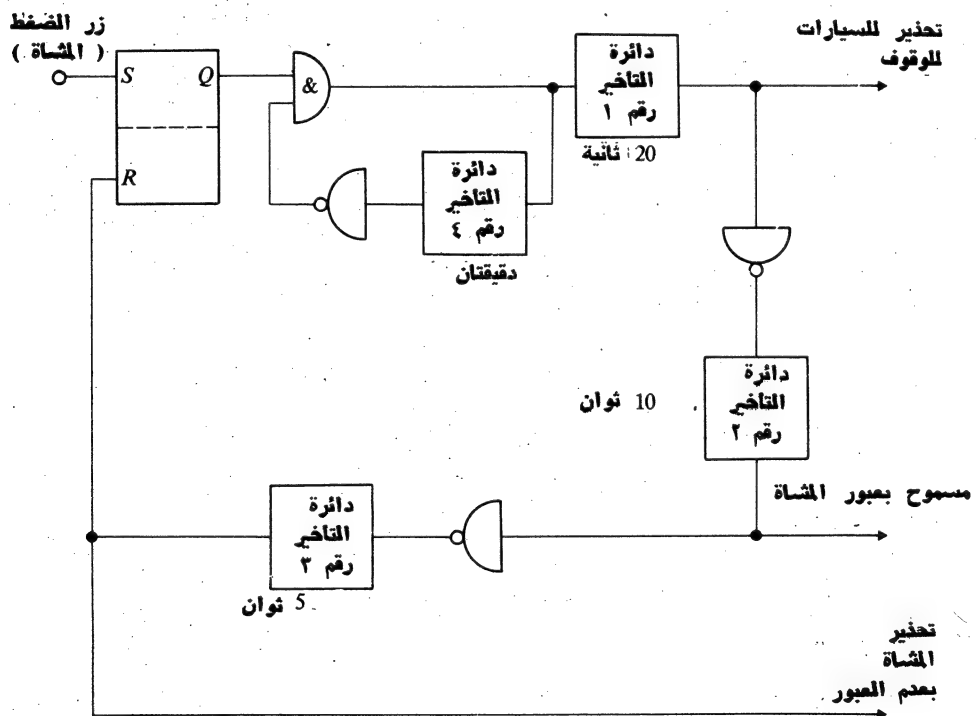
شكل ٩-١٢ توصيلة الإنذار لمزلقان سكة حديد.

تمرین عملی ۹ (و) :

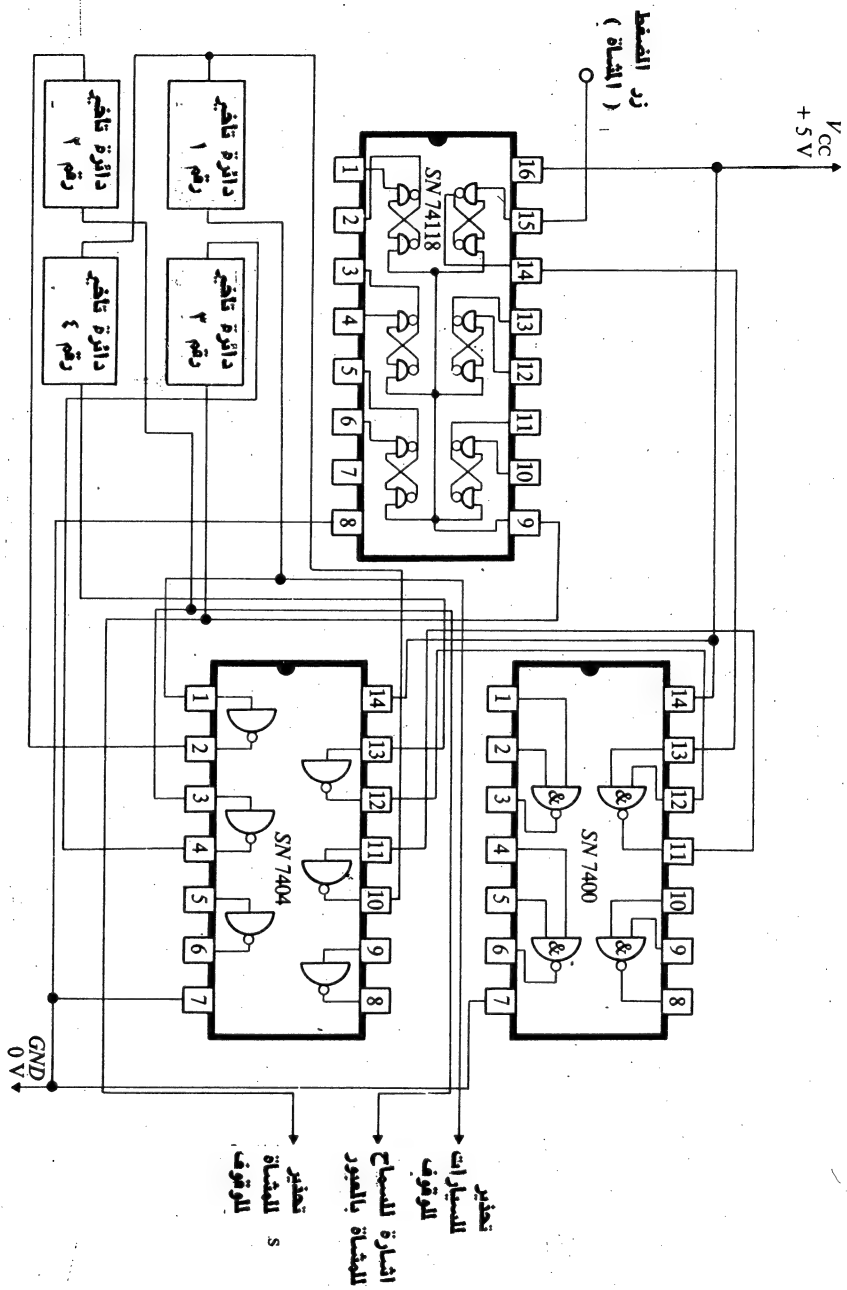
تقاطع طرق « بلیکان »

اعتبر متطلبات تشغيل نظام « بليكان » لعبور المشاة . عند الضغط على الزر تظهر علامة تحذير « انتظر » ويتم تشغيل ضوء أحمر « لا تعبر » ويتم بدء تشغيل دائرة تأخير . بعد هذه الفترة الزمنية يتم تحذير المرور بتغيير الضوء من الأخضر إلى الأصفر ثم إلى الأحمر . وتنطق علامة « انتظر » الخاصة بعبور المشاة ويستبدل بالعلامة الحمراء « لا تعبر » ضوء أخضر « العبور مأمون » . ويبقى ذلك لفترة زمنية يعقها تحول الضوء الأخضر « العبور مأمون » إلى ضوء متقطع ويتغير اللون الأحمر الخاص بالسيارات إلى الضوء الأصفر المتقطع . ويستمر ذلك لفترة لتحذير المشاة ولتسمح بالمرور إذا انقطع عبور المشاة ، ثم تتحول إلى اللون الأحمر « لا تعبر » وفي نفس الوقت يتحول الضوء بالنسبة للمرور إلى اللون الأخضر .

يجب ملاحظة أنه خلال الفترة المسموح فيها المشاة بالعبور يكون هناك عادة صوت متقطع للدلالة على السماح للمشاة بالعبور • كما أن هذه العملية لا يسمح لها بالتكرار إلا بعد انقضاء فترة محددة .



شكل ٩-١٣ الدائرة المنطقية لتقاطع طرق « بليكان » .



شكل ١٩-١٤ توصيلة تقاطع طرق « بليكان ».

يبين شكل ٩ - ١٣ الشبكة المنطقية البسيطة التي تحقق المطلوب في تقاطع طرق من نوع بليكان .

يمكن استعمال دائرة أحادية الاستقرار (MONOSTABLE) رقم SN 74121 مع توصيل عناصر خارجية (C و R) لتحقيق زمن التأخير المطلوب . نفترض أن خرج وحدات التأخير تكون قيمته العادية منخفضة أى القيمة المنطقية « 0 » وعندما يتم تشغيلها بالقيمة المنطقية « 1 » عند مدخلها يصبح الخرج له القيمة المنطقية « 1 » خلال الفترة المحددة للتأخير .

وبالتالى تكون خطوات التشغيل .

يكون خرج الدائرة القلابه S—R فى الحالة « 0 » عند الضغط على زر التشغيل تصبح الدائرة القلابه فى الحالة المنطقية « 1 » . تمر إشارة الخرج Q خلال بوابة « و » (AND) ويتم بذلك تشغيل دائرتى التأخير رقم ١ و ٤ . وبذلك تستمر إشارة خرج الدائرة رقم ١ بالقيمة المنطقية « 1 » لمدة $t_1 \text{ sec.}$ (حوالى 20 sec.) لتحذير السيارات بالوقوف . تتسم تغذية مدخل دائرة التأخير ٢ من خرج دائرة التأخير ١ خلال بوابة نفي (NOT) وعلى ذلك بعد مرور $t_1 \text{ sec.}$ يصبح دخل دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 1 » ويستمر خرج دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 1 » ولمدة $t_2 \text{ sec.}$ (حوالى 10 sec.) للسماح للمشاة بالعبور خلال هذه الفترة .

بعد مرور $t_2 \text{ sec.}$ يصبح خرج دائرة التأخير ٢ له القيمة المنطقية « 0 » وبذلك يتم تشغيل دائرة التأخير رقم ٣ ويستمر خرج هذه الدائرة فى الحالة المنطقية « 1 » لمدة $t_2 \text{ sec.}$ (حوالى 5 sec.) لتحذير المشاة من العبور والتوقف . ويستخدم أيضاً خرج دائرة التأخير ٣ فى وضع الدائرة القلابه S—R فى الحالة المنطقية « 0 » .

تعمل دائرة التأخير ٤ على منع إعادة تشغيل النظام إلا بعد انقضاء وقت مقداره t_4 (حوالى 120 sec.) بضمان أن يبقى خرج بوابة « و » AND منخفضاً للفترة t_4 . .

قم بتوصيل الشبكة المبينة فى شكل ٩-١٤ باستخدام الدائرة المتكاملة $\frac{1}{4}$ رقم SN 74118 (سقاطة من نوع S—R) و $\frac{1}{4}$ رقم SN 7400 (بوابات نفي « و ») (NAND) الرباعية لكل منها مدخلان) و $\frac{2}{3}$ رقم SN 7404 (بوابة نفي (NOT)) ثم تحقق من عمل النظام .

الفصل العاشر

الحساب الرقوى

١٠ - ١ مقدمة

تنقسم الآراء فى الحاسبات إلى مجموعتين تمثلان طرفى نقيض أولاً : هناك مجموعة تؤمن أن هذه الآلة قادرة على القيام بأى عمل وكل عمل . أما المجموعة الثانية : فتتمثل الذين يؤمنون بشدة بأن الحاسبات لا يمكن أن تؤدى أى عمل مفيد وأننا سوف نعود فى النهاية لاستخدام الورقة والقلم والممحاة مع العقل البشرى . من الواضح أن المجموعة الأولى تضم الآراء الأكثر تفاؤلاً ودعاة التطور والتقدم أما المجموعة الثانية فتتمثل الآراء المحافظة التى تعارض أى تقدم علمى وتضم دعاة التمسك بكل قديم . يجب علينا فى هذا المجال أن نتذكر أنه لا يزال بعض الناس يؤمنون أن السيارة لن تحمل محل الحصان وأنه مازالت توجد جمعية تدافع عن فكرة أن الأرض مسطحة بغض النظر عن قيام الإنسان بالدوران حول الأرض فى الأقمار الصناعية ورحلات رواد الفضاء الكثيرة فى العشرين عاماً الماضية . فى الحقيقة فإن كلا من هذين الرأيين قد جانبه الصواب لأن الحاسبات كأتى آلة أخرى استخدمها الإنسان وطوعها لخدمته - مثل آلات الرفع الهيدروليكية التى تزيد من مقدرة الإنسان العضلية على رفع أثقل الأحمال - فإن الحاسبات تمثل امتداداً للطاقة العقلية للإنسان .

١٠ - ٢ ماهو الحاسب ؟

يعرف الحاسب الرقوى فى المعاجم اللغوية بأنه آلة تقوم بإجراء عمليات حسابية . بناء على هذا فإن عداد الجمع الذى استخدمه الأطفال أو ماكينات الجمع التى تراها فى البنوك وحتى الإنسان يمكن اعتباره يؤدى عمل الحاسب الرقوى . لكن هناك ثلاث مميزات أساسية للحاسبات الرقوية بالمقارنة للبشر :

(أ) السرعة الفائقة

(ب) السعة الكبيرة

(ج) التذكر الحفظى (استرجاع المعلومات من الذاكرة بسرعة فائقة)

بالإضافة إلى ذلك فإن الحاسب الألكترونى لا ينسى وإذا أصدرنا إليه مجموعة من الأوامر فيقوم بتنفيذها حرفياً فى كل مرة ويصل دائماً لنفس النتيجة . كما أن الحاسبات لاتتأثر بالعوامل التى تصيب الإنسان . فهى تعمل بلا كلل ولا تمرض أو تترك العمل متعلقة بالذهاب للغذاء أو للراحة كما يفعل البشر .

١٠ - ٣ كيف يعمل الحاسب

يعمل الحاسب بطريقة بسيطة جداً ويمكن وصف الحاسب بأنه آلة غبية جداً ولكنها في نفس الوقت سريعة جداً . إن الحاسب ماهو إلا آلة مصممة لأداء عمليات حسابية بسيطة بسرعة عالية جداً . تبدو الدوائر الإلكترونية وأجهزة الاتصالات الموجودة بالحاسب معقدة جداً ولكن الحقيقة أن الحاسب الرقوى يستطيع عمل شيء واحد فقط وهو عملية الجمع الحسابية . حتى عندما تطلب من الحاسب إجراء عمليات الطرح أو الضرب أو القسمة أو اتخاذ أى قرار بسيط فإنه يجرى عمليات جمع فقط . إن سر قوة الحاسبات هو سرعتها الفائقة . تخيل مثلاً محاولة جمع عدد معين (ليكن مثلاً مليوناً) مليون مرة . بالطبع يعجز العقل البشرى عن تخيل الجهود اللازم لإتمام هذه العملية . افترض الآن أنك طلبت من الحاسب ضرب عدد من قيمته كل منهما مليون . سيقوم الحاسب بتنفيذ عملية الضرب هذه عن طريق تكرار جمع العدد الأول مليون مرة وسيصل للإجابة الصحيحة لهذا السؤال والإجابات الصحيحة لأسئلة كثيرة أخرى قبل أن تصل أنت إلى قلبك لإتمام عملية الضرب .

إن الحاسب ماهو إلا آلة تنفذ جميع الأوامر التى تطلب منها وبناء على المعلومات التى تعطى لها . ورغم كون الحاسب آلة غبية جداً إلا أن له في نفس الوقت ذاكرة دقيقة وسريعة جداً . وينفذ العمليات المنطقية البسيطة بسرعة عالية جداً . لذلك إذا أردنا تشغيل الحاسب بنجاح فيجب أن نتذكر عدة مبادئ أساسية أولها : عند تعريف أى مشكلة أو مسألة أو تقديم أى معلومات للحاسب لابد أن تصاغ بطريقة بسيطة جداً ودقيقة جداً في نفس الوقت . ثانياً : يجب أن يكون حل أى مسألة مبنياً على المعلومات التى تم إعطاؤها قبلًا للحاسب أو التى سيتم إدخالها للحاسب . أى لا يفترض الحاسب معلومات . ثالثاً : يجب كتابة المدخلات المقدمة للحاسب بلغة وبطريقة يفهمها الحاسب . أخيراً : لابد أن تعرف للحاسب وتحدد له كل خطوه أو أمر (البرنامج يجب تنفيذه للوصول للحل المطلوب . وفى هذا المجال الإشارة إلى أننا نتبع نفس الخطوات مع الإنسان العادى عن طريق إعطائه معلومات وأوامر تشغيل تصف كل خطوة من خطوات التنفيذ لكننا لانستطيع ضمان الوصول للنتائج المطلوبة لسوء الحظ .

١٠ - ٤ نفايات داخلية - نفايات خارجة (GIGO)

بعد أن عرفنا كيف يعمل الحاسب ، تعال نتخيل أننا أعطينا الحاسب معلومات غير كاملة عن مسألة معينة أو طريقة حل ناقصة لحل المسألة فإذا نتوقع ؟ فى أحسن الأحوال سيرفض الحاسب قبول هذه المعلومات الناقصة أو طريقة الحل غير الكاملة أو سيخرج لنا نتائج خاطئة فى أسرع من لمح البصر . لو أردنا تفادى حدوث هذه الأخطاء يجب أن نكون على درجة عالية من الدقة فى تعاملنا مع الحاسب ويجب علينا تفهم مبدأ جديد هو مبدأ « نفايات داخلية - نفايات خارجة » (GIGO) . بقصد من هذا التعبير أن الحاسب ليس جهازاً سحرياً لكنه آلة إذا أعطيناها نفايات (فى صورة معلومات خاطئة أو غير كاملة أو طريقة حل خاطئة) فستحصل على نتائج كلها نفايات وليس لها معنى .

دعنا الآن نضرب مثلاً بمحل تجارى يمسك حساباته حاسب رقى . لنفترض أن البائع أدخل للحاسب معلومة « أنه تم بيع أو صرف عشر وحدات ، ولكنه فى الحقيقة تم بيع أو صرف مائة وحدة . بالطبع سيقبل الحاسب هذه المعلومة ولن يرفضها . لنفرض الآن أن البائع أدخل للحاسب معلومة « أنه قد تم بيع أو صرف وحدة ولكن الحاسب يعرف أن المحل ليس به إلا عشر وحدات . فى هذه الحالة ، سيرفض الحاسب قبول هذه المعلومة وسيطلب من البائع إعادة إدخال هذه المعلومات وذلك لأن الحاسب رغم كونه آلة غبية جداً لكنها دقيقة تعرف أن مائة من عشرة شيء غير معقول لكن عشرة من مائة شيء معقول و (منطقى) . طالما كانت المعلومات الداخلة للحاسب منطقية بمعنى تنشى مع المنطق السليم

لأوامر التشغيل الموجودة به فسيقبلها الحاسب بغض النظر عن صحتها أو عدم صحتها . في نفس الوقت سيعطى الحاسب نتائج مخجلة أو تؤدي لكارثة تبعاً لدرجة أهميتها بالنسبة لمشغل الجهاز وروحه الفكاهية لنضرب مثلاً آخر بحاسب يشرف على مجموعة من المخازن ويتم إدخال الأشياء المطلوب صرفها عن طريق إدخال شفرات تمثل الشيء المطلوب صرفه لنفترض الآن أنك أدخلت شفرة خاطئة لأمر شراء أو صرف فبدلاً من إدخال الشفرة التي تعبر عن براد الشاي فقد قت بإدخال الشفرة المعبرة عن آلة طباعة وزنها ٢٠ طناً . في هذه الحالة ، يقوم الحاسب أولاً بالتأكد من وجود هذه الشفرة في الذاكرة ثم يصدر أوامر صرف أو بيع آلة الطباعة رغم كون مشغل الجهاز في حاجة إلى براد شاي وليس لآلة الطباعة هذه .

يترتب على عدم الدقة في البيانات تكبد تكاليف باهظة في عمليات تشغيل الحاسبات الرقمية . لنفترض أن تكاليف شراء وتركيب جهاز حاسب ألكتروني حوالى ربع مليون جنيه ولنفترض أيضاً أن تكاليف التشغيل والصيانة حوالى ثلاثين ألف جنيه أخرى في العام . فإذا كان الحاسب يعمل ٢٠ ساعة يومياً لإتمام جميع التعاملات المطلوبة منه . معنى ذلك أن الجهاز يبقى بدون عمل لمدة أربع ساعات يومياً وهذا مقبول . أما إذا افترضنا أن 50 % من البيانات الداخلة يتم رفضها بسبب الأخطاء المختلفة المحتمل حدوثها . من الطبع أننا سنحتاج إلى عشر ساعات أخرى من التشغيل ومعنى هذا أن الحاسب يجب أن يعمل باستمرار لمدة ٣٠ ساعة يومياً وهذا بالطبع غير ممكن . ولمعالجة هذه المشاكل يلزم شراء حاسب آخر بتكاليف كبيرة أو العمل على التأكد من صحة البيانات الداخلة للحاسب وتقليل الأخطاء الناتجة من الإهمال لأقصى حد ممكن .

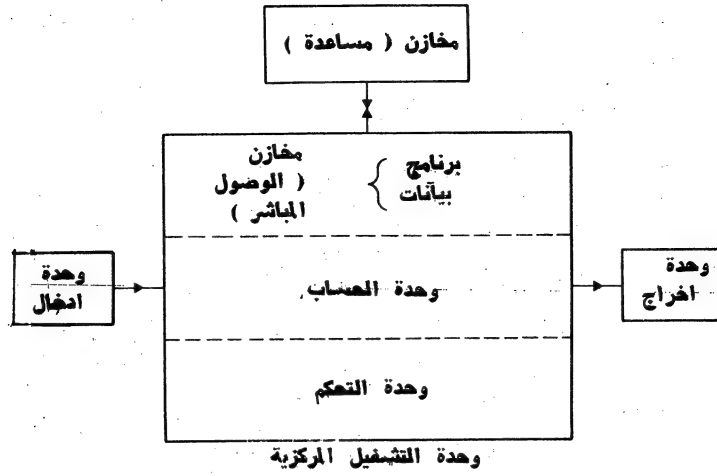
١٠ - ٥ العناصر المكونة للحاسب الرقمي

يقوم الحاسب الرقمي بتنفيذ سلسلة من العمليات الحسابية على البيانات تحت تحكم برنامج مخزن . يتكون هذا البرنامج من مجموعة من الأوامر تحدد سلسلة العمليات الواجب تنفيذها بالترتيب .

يشبه الحاسب الإنسان في تعامله مع أى مسألة أو عملية فيبدأ الحاسب بتسجيل البيانات والمعلومات الأولية عن المسألة بقراءتها بطريقة أو بأخرى وإدخالها للحاسب ويطلق على هذه العملية عملية إدخال (INPUT) . يتم إخراج الجواب النهائي أو الحل الكامل للمسألة إلى خارج الحاسب في عملية تسمى عملية إخراج (OUTPUT) . بين هاتين العمليتين (الإدخال والإخراج) توجد منطقة تشغيل تسمى المشغل المركزي (CENTRAL PROCESSOR) في هذه المنطقة يتم الحصول على البيانات والبرامج من المخازن (STORAGE) كما يتم إجراء العمليات الحسابية (ARITHMETIC) ويقوم بالإشراف على كل هذه العمليات بوحدة التحكم (CONTROL) .

عادة لا تكون طاقة تخزين الذاكرة الداخلية (ذاكرة الوصول المباشر) كافية لتخزين البرنامج وكل البيانات اللازمة للتشغيل ، ولذلك تكون هناك مخازن إضافية (احتياطية) خارجية تستعمل للتخزين ، ويمكن الحصول على المعلومات منها عند الحاجة .

يتكون النظام الكامل للحاسب من وحدة التشغيل المركزية (CPU) مع عدد من الأجهزة والوحدات تسمى الوحدات المساعدة كما هو مبين في شكل ١٠ - ١ .



شكل ١٠ - ١ العناصر المكونة للحاسب الرقبي .

لتشغيل أى حاسب رقمي يجب الحصول على وحدة التشغيل المركزية وكل الوحدات المساعدة اللازمة لعمل الحاسب ونطلق عادة على هذه الأجهزة إسم « المكونات المادية » (HARDWARE) ، وبجانب ذلك يحتاج الحاسب في عملية التشغيل لعدد من البرامج التي تتحكم وتوجه نظام تشغيل الحاسب ويطلق على هذه اسم « البرامج الجاهزة والملحقة » (SOFTWARE) .

١٠ - ٦ المشغل المركزي

يعتبر المشغل المركزي بمثابة القلب بالنسبة للحاسب فهو الذي يتعامل مع الوظائف المنطقية والحسابية بجانب تنفيذ عمليات التحكم لتنفيذ هذه العمليات . ومن البديهي أن للحاسب وحدات ودوائر إدخال وإخراج وذاكرة لتخزين الأوامر والبيانات . في العادة يكون لهذه الوحدات المختلفة وحدات تخزين خاصة داخلية يطلق عليها أسماء مختلفة إلا أنه غالباً تسمى بالمسجلات .

يمكن تقسيم أنواع الذاكرة إلى نوعين أساسيين . أولها ذاكرة يمكن قراءتها أكثر من مرة ولا يمكن تغيير البيانات والأوامر المخزنة بها وتصنع عادة من أشباه الموصلات ويطلق عليها « ذاكرة يمكن قراءتها فقط » (ROM) . أما النوع الثاني فهو ذاكرة يمكن قراءتها أو تغيير البيانات والأوامر المخزنة فيها ويطلق عليها « ذاكرة الوصول العشوائي » (RAM) .

١٠ - ٧ الأمر

إن نظام الحاسب يعتمد إلى حد كبير على شكل أمر البرنامج وبين شكل ١٠ - ٢ الأمر الذي يحتوى على عنوان واحد .

شكل ١٠ - ٢ شكل الأمر ذو العنوان الواحد

تحدد شجرة العملية نوع العملية أو سلسلة العمليات التي سوف يجرى تنفيذها على البيانات المخزنة في المكان الذي يحدده الرقم المكتوب في الجزء الخاص بالعنوان .

عندما يحتوى الأمر على عنوانين تتعامل شجرة العنوان مع عنوانين فثلاً يكون الأمر كالتالى : اجمع محتويات العنوان الأول إلى محتويات العنوان الثانى . أما في حالة الأمر ذى العنوانين الثلاثة فيحدد العنوان الثالث مثلاً مكان تخزين نتيجة جمع بيانات العنوانين الأولين .

في بعض الحالات يمكن أن يحدد الأمر مسجلاً معيناً بحيث تستخدم محتويات هذا المسجل (البيانات المختزنة فيه) لتعديل الرقم المكتوب في الجزء الخاص بالعنوان وذلك بإضافتها له مثلاً . بذلك يمكننا استخدام نفس مجموعة الأوامر لتنفيذ العمليات على بيانات مخزنة في مواضع تختلف عن العنوانين المكتوبة في الجزء الخاص بالعنوان . يتم جمع محتويات هذا المسجل إلى الجزء الخاص بالعنوان أثناء عملية التشغيل فقط .

١٠ - ٨ التخزين

يمكن تلخيص استعمالات وحدات التخزين فيما يلي :

(أ) تخزين البرنامج

(ب) تخزين البيانات

(ج) تخزين أى ثوابت نحتاجها في عمليات التشغيل .

(د) تخزين نتائج مرحلة خلال التشغيل .

(هـ) تخزين النتائج النهائية قبل طبعها .

يؤثر على عملية التخزين عاملان في غاية الأهمية هما سرعة التخزين و طاقة التخزين . ومن الضروري موازنة العاملين لتقليل نفقات استخدام الحاسب . من المعروف أن سرعة الحسابات في الحاسب تعتمد على سرعة تبادل البيانات بين المخازن والوحدة الحسابية ولذلك يتم تخزين البيانات المستخدمة مباشرة في الحسابات في ذاكرة سريعة جداً ولكنها صغيرة الحجم نسبياً . في نفس الوقت يتم تخزين البيانات التي لا تحتاجها الحسابات مباشرة في ذاكرة أبطأ ولكنها ذات طاقة تخزين كبيرة جداً . لهذا يتم تخزين البيانات التي نحتاجها في العمليات الحسابية وعمليات التشغيل في ذاكرة الوصول السريع مثل ذاكرة القلوب الحديدية أو ذاكرة أشباه الموصلات من نوع (RAM) أما باقى البيانات التي لا تدخل في عمليات التشغيل مباشرة فيتم تخزينها في مخازن بطيئة نسبياً مثل الأقراص والشرائط المغنطة . يتم نقل مجموعات البيانات بين الذاكرة البطيئة والذاكرة السريعة عندما يتطلب عمل البرنامج ذلك .

١٠ - ٩ وحدة الحساب

تتكون هذه الوحدة من مجموعة من المسجلات والدوائر المنطقية التي تتصل ببعضها بحيث تنفذ العمليات التي تطلبها عليها وحدة التحكم . والمسجل عبارة عن مخزن يحتوى على رقم أو مجموعة أرقام لأى فترة زمنية تتطلبها عمليات التشغيل .

من أهم المسجلات الموجودة بالحاسب مسجل يطلق عليه اسم المرمك . ويمكن وصف وظيفة هذا المسجل باستخدام أمر تفضية وجمع وتقوم الوحدة الحسابة عند تنفيذ هذا الأمر بتخزين القيمة صفر في المرمك ثم يتلو ذلك نقل الرقم الموجود بالمخزن الذي يحدده العنوان المذكور في الأمر من الذاكرة إلى المرمك . ويمكن ترجمة هذا الأمر إلى « ضع صفرأ ثم اجمع قيمة من العنوان المذكور » - أما إذا ضربنا مثالا آخر بأمر « أجمع » فإن وحدة الحساب ستقوم بجمع الرقم المخزن في العنوان المذكور مع الأمر إلى محتويات المرمك . هذه هي أساسيات العمليات التي يتم إجراؤها في وحدة الحساب والتي تستخدم أيضاً عدداً آخر من المسجلات المساعدة عندما يتطلب الأمر ذلك .

١٠ - ١٠ وحدة التحكم

تتكون وحدة التحكم من الأجزاء الرئيسية التالية :

- (أ) مسجل الأمر : والذي يخزن الأمر الجارى تنفيذه .
- (ب) محلل الشفرة والذي يقوم بفك شفرة العمليات الموجودة في الأوامر ويحولها إلى إشارات كهربية تتحكم في الدوائر المنطقية التي تقوم بتنفيذ الأوامر المختلفة .
- (ج) مسجل العنوان : والذي يحتوى على الجزء الخاص بالعنوان في الأمر الجارى تنفيذه بحيث يتم الحصول على أو كتابة البيانات في هذا العنوان من الذاكرة .
- (د) مسجل تسلسل عمليات التشغيل : والذي يحتوى على عنوان الأمر الجارى تنفيذه وعند إتمام تنفيذ هذا الأمر تزداد القيمة الموجودة بهذا المسجل بواحد . بذلك يصبح عنوان الأمر الجارى تنفيذه هو العنوان التالى للأمر السابق تنفيذه . وينقل هذا العنوان إلى مسجل العنوان حتى نحصل على الأمر الجديد من الذاكرة . يجب ملاحظة أننا افترضنا أن مجموعة الأوامر الممثلة للبرنامج مخزنة في مخازن متجاورة بحيث يكون الفرق بين عنوان كل أمر والأمر التالى له واحداً . كما يجب ملاحظة أنه في بعض الأحيان تتطلب عملية التشغيل الانتقال من أمر معين إلى أمر آخر غير مجاور له إما بدون شروط أو تبعاً لنتائج حصلنا عليها من أوامر سابقة ويستخدم في هذه الحالة أمر انتقال .

١٠ - ١١ وحدة الإدخال

تستقبل وحدات الإدخال البرنامج عن طريق وسط مناسب مثل البطاقات أو الشرائط الورقية المثقبة أو عن طريق نهاية طرفية من نوع (TTY) مثلاً . بعد ذلك يتم إدخال البيانات (بنفس الطريقة) ونقلها لوحدة التخزين لتنتظر إجراء عمليات التشغيل عليها بعد فترة ، أو نقلها للحاسب مباشرة ليتم تشغيلها في نفس وقت إدخالها تقريباً . لا توجد أى قيود على نوع وحدات الإدخال المستخدمة في الحاسبات . ذلك لأن وحدة الإدخال تعمل أساساً لعزل عمليات الإدخال التي تجري بمعدل معين عن عمليات تشغيل هذه العمليات والتي تجري بسرعة أعلى جداً في العادة ومن وحدات الإدخال المشهورة مايلى :

- (أ) قارئ الشريط الورقي : تستعمل هذه الوحدة شريطاً ورقياً عرضه حوالى بوصة واحدة ويمكن تثقيبه في ثمانية مواضع بالعرض . يتم تمثيل الحروف والأرقام والإشارات الخاصة المستخدمة بالتوافق المختلفة لهذه المواضع الثمانية باستخدام شفرة خاصة . كما يتم قراءة هذه الشفرة باستخدام الطرق الكهروضوئية وتصل سرعة قراءة الشريط إلى 1000 حرف / ثانية . يحتوى عادة الشريط على عشرة حروف لكل بوصة من طوله .

(ب) قارئ البطاقات : تستخدم هذه الوحدة بطاقات ورقية أبعادها التقريبية $3\frac{1}{4} \times 7\frac{1}{2}$ بوصة وتحتوي كل بطاقة على 80 عموداً رأسياً . يستطيع كل عمود تخزين حرف واحد باستخدام شفرة خاصة من الثقوب في العمود نفسه تم قراء البطاقات المثقبة باستخدام الطرق الكهروضوئية بسرعة 800 بطاقة في الدقيقة تقريباً (حوالى 1000 حرف / ثانية)

(ج) قارئ من البعد : يستعمل عادة كنهاية طرفية متصلة بالحاسب من بعد . وتم عملية الإدخال إما بشرط ورق مثقب أو عن طريق الكتابة على مفاتيح هذا القارئ والتي تشبه مفاتيح الآلة الكاتبة .

(د) آلة كاتبة متحركة طرفية : يستعمل هذه الوحدة عامل التشغيل لتوجيه أوامر التشغيل والتحكم للحاسب ولا تستخدم في العادة كوحدة مساعدة في عمليات الإدخال العادية .

١٠ - ١٢ وحدة الإخراج

تقوم وحدات الإخراج : بإرسال البيانات التي تم تشغيلها من وحدات التخزين إلى وسط إخراج مناسب مثل الشريط الورقي المثقب أو البطاقات الورقية المثقبة أو آلة طباعة السطور أو بنها على خطوط اتصالات لأماكن بعيدة . تعمل هذه الوحدات كحاجز مرحلي بين الحاسب الذي يرسل البيانات بسرعة كبيرة وجهاز الإخراج الذي تكون سرعته محدودة . ومن أشهر وحدات الإخراج الوحدات التالية :

(أ) مثقب الشريط الورقي { يقتصر استعمال كل منهما على البيانات التي سوف نقوم بإدخالها .
(ب) مثقب البطاقات { للحاسب مرة أخرى لتشغيلها .

(ج) طابع السطور : ويمكن لطابع السطور التعامل مع كميات ضخمة من البيانات المطلوب إخراجها بسرعة كبيرة . يقوم طابع السطور بطبع سطر كامل في كل مرة وبسرعات عالية قد تصل إلى 1000 سطر في كل دقيقة ويمكن أن يحتوى السطر على 160 حرفاً .

(د) طابع من بعد : يمكن استخدامه بدلاً من طابع السطور في حالة عدم توافره .

(هـ) آلة كاتبة وتحكم : إمكانيات هذه الآلة محدودة في عمليات الإخراج وتستخدم أساساً لتبادل الإشارات والرسائل بين الحاسب وعامل تشغيله أثناء تنفيذ عمليات التحكم والتشغيل .

١٠ - ١٣ تطبيقات الحاسبات

دخلت الحاسبات وتطبيقاتها إلى شتى المجالات والأنشطة الإنسانية . ورغم فشل بعض هذه التطبيقات لكن الحاسبات بدون شك - قد حققت نجاحات متعددة في أغلب المجالات . يمكننا تقسيم تطبيقات الحاسبات إلى ثلاثة مجالات رئيسية :

(أ) الحاسبات العلمية والفنية .

(ب) المشروعات التجارية .

(ج) الأنشطة العسكرية وعلوم الفضاء .

كانت فروع العلوم المتصلة بالرياضة اتصالاً وثيقاً هي أكثر فروع العلم تأثراً بالحاسبات مثل علوم الفلك والملاحة والطبيعة والكيمياء . ولقد ظهرت تطبيقات للحاسبات في هذه العلوم مثل : تجهيز جداول الملاحة والفلك

أو حساب مدارات الأتار الصناعية أو تصميم المحطات الذرية أو تحليل وتشغيل البيانات المسجلة في نفق هوائى لتصميم الطائرات أو تحليل البيانات المسجلة في رحلة طائرة أو تحليل صور الأشعة السينية أو تصميم نظم جديدة للحاسبات .

يمكن تقسيم تطبيقات الحاسبات في المجال التجارى لمجالين أساسيين أولهما العمليات الإدارية وثانيهما العمليات الصناعية . ويمكن مثلاً استخدام الحاسبات بنجاح تام في حسابات الأجور ومسك دفاتر الشركات وعمليات المخازن في المجال التجارية الكبيرة . كما تستخدم الحاسبات للتحكم في تخطيط الإنتاج والإشراف على نقل المواد وتحضير التقارير الدورية لجهات الإدارة العليا كما أننا نجد تطبيقات أخرى للحاسبات في شركات التأمين وبورصة الأوراق المالية والجهات الحكومية المختلفة . توجد أيضاً تطبيقات متخصصة في مجالات النقل والسياحة وفي شركات الطيران والفنادق لعمليات الحجز والتحكم في نقل البضائع .

بالنسبة للمجالات العلمية والمكتبية فإن الحاسب يستخدم أساساً في إجراء العمليات الحسابية وفي تخزين المعلومات . أما في التطبيقات الصناعية والاستخدامات العسكرية وفي مشاريع الفضاء فإن الحاسب يقوم بالتحكم في نظم التشغيل ويتدخل مباشرة في إصدار أوامر بدء وتعديل أو إيقاف الأنشطة المختلفة لهذه النظم .

١٠ - ١٤ التطور التاريخى للحاسبات

مرت الحاسبات في مجموعة من الأطوار تعتبر دراساتها ذات أهمية خاصة بالنسبة للمهندسين والفنيين . فقد أدى الحاسب الصغير (MINICOMPUTER) منذ عدة سنوات إلى تصميم اقتصادى لنظم التحكم الصناعى المبنية على استخدام الحاسبات وانتشر هذا الاستخدام انتشاراً كبيراً . كما أدى ظهور المشغل الدقيق (MICROPROCESSOR) إلى تغيير آخر واحتلت أخباره العناوين الرئيسية في الصحف ويتكون هذا المشغل الدقيق من رقيقة لدائرة متكاملة واحدة ، وتستخدم في أغلب الحالات - ولكن ليس جميعها - دوائر من نوع (MOS) . يتم توصيل هذه الدائرة مع مجموعة أخرى من الدوائر لإتمام عمليات الإدخال والإخراج والتخزين في الذاكرة . وتستخدم هذه الوحدات المساعدة دوائر من نوع MOS أو من نوع TTL .

هناك عدد كبير من الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية (LSI) أو المتوسطة (MSI) متوافرة في الأسواق وتستخدم دوائر TTL أو دوائر MOS . وتصمم المشغلات الدقيقة في العادة بحيث يمكن توصيلها على دوائر TTL . تباع الآن دوائر من نوع TTL تعمل كمدايات ومسجلات ومسجلات إزاحة ومسجلات تخزين RAM و PROM و ROM ودوائر تكوين شفرة أو محلات للشفرة أو مجمعات إشارة . . . الخ الخ .

الفصل الحادى عشر

الذاكرة فى الحاسب

١١ - ١ مقدمة

تتكون ذاكرة الوصول المباشر لوحدة التشغيل المركزية (CPU) من مصفوفة من خلايا التخزين التى يمكن عنوتها والوصول لأى خلية منها بسرعة عالية . ويتم تحديد عنوان الخلية للحصول على محتوياتها عن طريق إحداثيات الخلية الأفقية والرأسية X و Y للمصفوفة . استخدمت ذاكرة القلوب الحديدية المغناطيسية كوحدات تخزين للحاسبات الكبيرة ولكن منذ اختراع نظم الحاسبات الصغيرة والحاسبات الدقيقة والتقدم الملحوظ فى تكنولوجيا أشباه الموصلات وبخاصة فى مجال تصنيع الدوائر المتكاملة ذات الكثافة العالية جداً (LSI) فقد بدأ ظهور وانتشار ذاكرة مصنوعة من أشباه الموصلات فى مجالات الحاسبات وبخاصة فى مجالات الحاسبات الدقيقة . وبالرغم من ذلك ما زالت ذاكرة القلوب الحديدية تستخدم فى بعض الحاسبات الكبيرة وذلك لأسباب عديدة منها تغيير طرق تصنيع هذا النوع من الذاكرة ليلام متطلباتها السوق ولثقة المشترين فى كفاءتها وتاريخها الطويل . وهناك اتجاه لإنتاج ذاكرة القلوب الحديدية فى وحدات يمكن توصيلها مباشرة على الحاسبات الصغيرة والدقيقة .

يتم توصيل ذاكرة الوصول المباشر إلى وحدة التحكم المركزية (CPU) عن طريق حاجز بسيط مرحلى . ويستخدم هذا الحاجز المرحلى أيضاً لكتابة البيانات فى الذاكرة إذا فقدت بعد عملية القراءة .

ترجد أنواع مختلفة من الذاكرة المصنعة من أشباه الموصلات مثل ذاكرة الوصول العشوائى (RAM) ، وذاكرة يمكن قراءتها فقط (ROM) ، وذاكرة يمكن قراءتها ويمكن برمجتها (PROM) ، وذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها (EPROM) وذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ومسحها وإعادة كتابتها باستخدام نبضات كهربية (EAROM) ، يتم تصنيع هذه الأنواع باستخدام أشباه الموصلات ثنائية التوصيل ، MOS ، CMOS ، NMOS ، I^2L ، الفقاعات المغناطيسية أو الناباط المتصلة بالشحنات الكهربية وحديثاً تم استخدام ذاكرات هيلو جرافية .

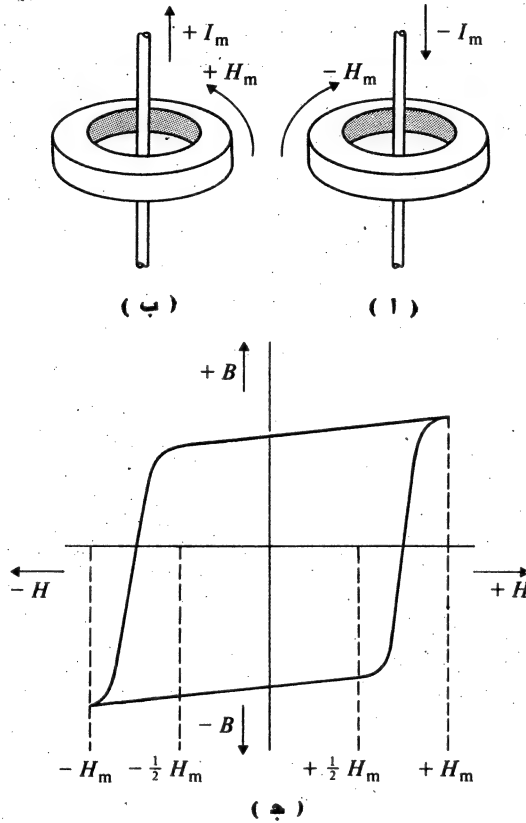
يمكن زيادة طاقة التخزين باستخدام وحدات تخزين بطيئة ذات سعة كبيرة مثل الشريط المغنط أو القرص المغنط أو الاسطوانة المغنطة . يشار لهذا النوع من وحدات التخزين باسم وحدات التخزين الاحتياطية . وتعتبر هذه الأجهزة من الوحدات المساعدة لوحدة التحكم المركزية .

سنستعرض فى هذا الفصل المبادئ والطرق الأساسية للعديد من نظم الذاكرة المستخدمة فى الحاسبات اليوم .

١١ - ٢ مخازن القلوب الحديدية

تتكون ذاكرة القلوب الحديدية من مصفوفات من القلوب الحديدية يمر خلالها أسلاك وتتجمع فى مجموعات

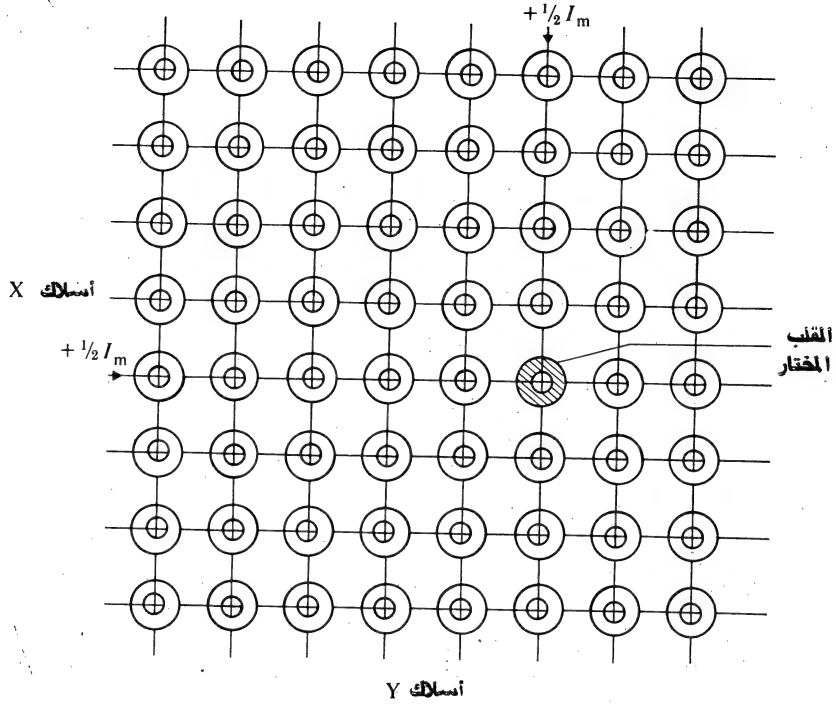
بحيث تعرف كل مجموعة منها بعنوان أو مكان . وتسمى المجموعة الواحدة بكلمة الحاسب أو البايث ويتم تخزين وحدة بيانات أو أمر برنامج في هذه الأماكن . يتحدد طول الكلمة تبعاً لنوع الحاسب ويكون في العادة بين ٨ إلى ٤٨ رقم ثنائي . يتم التمييز عن السعة الكلية للتخزين بوحدات كيلو كلمة حيث يمثل الكيلو الواحد عدد ١٠٢٤ كلمة (أى ١٠٢) . ويكون قطر كل قلب حديدي في حدود ٠,٤ ملليمتر (أى حوالى ٠,٠١٥ من البوصة) .



شكل ١١ - ١ عملية مغنطة القلب الحديدي .

(أ) مغنطة موجبة (ب) مغنطة سالبة (ج) العلاقة المغناطيسية

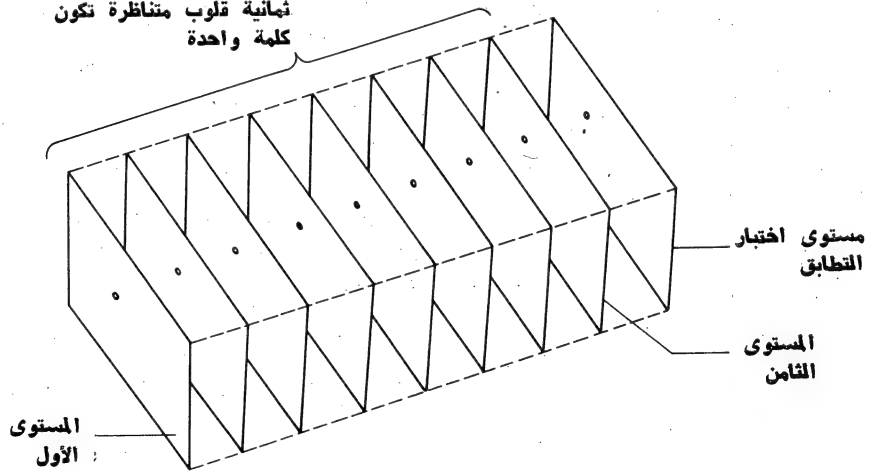
يمكن مغنطة القلب الحديدي في أى من اتجاهي المغنطة بإمرار تيار كهربى ثابت القيمة قيمته I_m أمبير في سلك ثم وقف مروره كما هو مبين في شكل ١١ - ١ (يلاحظ إمكانية إمرار التيار في أى من الاتجاهين الموجب أو السالب) . في حالة مصفوفة القلوب الحديدية ، يمر خلال كل قلب حديدي سلك X وسلك Y وبذلك يمكننا أن نختار أى قلب حديدي بتحديد قيم X و Y المناسبة ثم إمرار نصف التيار ($\frac{1}{2} I_m$) اللازم لمغنطة القلب في أى منهما كما هو موضح في شكل ١١ - ٢ .



شكل ١١ - ٢ اختيار قلب من المصفوفة .

يتم تنسيق القلوب الحديدية في مصفوفات بحيث تقع كل مصفوفة في مستوى بحيث تمثل القلوب المتناظرة في المستويات المختلفة كلمة في الحاسب . يلاحظ استخدام مستوى إضافي كإشارة لاختبار التوافق كما هو موضح في شكل ١١ - ٣ لكلمة مكونة من ٨ وحدات ثنائية .

ثمانية قلوب متناظرة تكون كلمة واحدة



شكل ١١ - ٣ طريقة تمثيل كلمة حاسب مكونة من ٨ وحدات ثنائية .

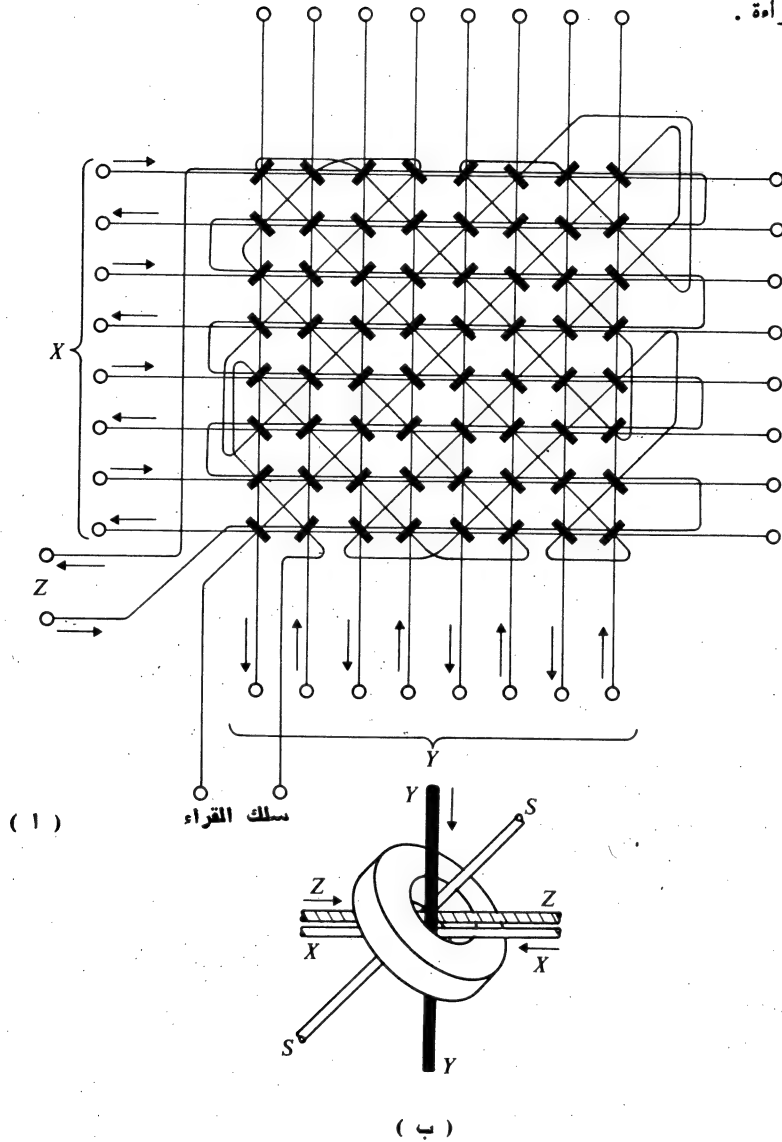
يمر خلال كل قلب حديدي في المصفوفة أربعة أسلاك وتعرف كالتالي :

(أ) سلك X

(ب) سلك Y

(ج) سلك Z

(د) سلك القراءة .



شكل ١١ - ٤ مصفوفة القلوب الحايدية وتوصيلات الأسلاك بها .
(أ) المصفوفة (ب) قلب حديدي واحد .

في كل مصفوفة يمر سلك Z واحد وسلك قراءة واحد في كل قلب من هذه المصفوفة كما هو موضح في شكل

١١ - ٤ .

١١ - ٣ القراءة والكتابة في الذاكرة

عند مرور تيار يساوي نصف قيمة التيار اللازم لمغطة قلب حديدي في كل من سلكي X و Y في نفس الوقت ، ينتج تيارا كافيا داخل القلب لمغطة القلب المطلوب والواقع على تقاطع سلكي X و Y . يتم تنفيذ العمليات الأربع التالية في ذاكرة القلوب الحديدية :

(أ) دورة القراءة تتم قراءة محتويات القلب الحديدي بكتابة القيمة المنطقية « 0 » واكتشاف التغيرات التي تحدث في حالة القلب . ويتم ذلك باستخدام سلك القراءة S المار بكل قلب حديدي في المصفوفة بحيث أنه لو حدث تغيير في حالة القلب يظهر تيار منتج بالحث في السلك S . وبذلك إذا كانت الحالة الأولية للقلب هي « 0 » لا يحدث تغيير في حالة القلب ولا يظهر تيار حثي على السلك S . أما إذا كانت الحالة الأولية للقلب « 1 » فيظهر تيار الحث في السلك S .

(ب) دورة إعادة الكتابة بعد دورة القراءة تصبح كل القلوب التي تمت قراءتها في الحالة « 0 » ولذلك يجب إعادة المعلومات الأصلية التي تمت قراءتها وذلك بإعادة كتابة المعلومات في هذه القلوب .

في هذه الدورة يتم إمرار تيار عكسي في كل من أسلاك X و Y بقيمة كافية لمغطة القلوب للحالة « 1 » . ولكن لأن بعض هذه القلوب كانت حالته الأصلية هي « 0 » فإننا نستخدم سلك Z لمنع هذه القلوب من التغير من الحالة « 0 » إلى « 1 » . لذلك فإنه عند قراءة « 0 » من قلب معين يتم إمرار تيار في سلك المنع الخاص بهذا القلب بحيث تكون قيمته مساوية للتيار المار في أى من سلكي X أو Y ولكن في اتجاه عكسي . لذلك فإن مجموع التيارات المارة في القلب تصبح غير كافية لتغيير حالته من « 0 » إلى « 1 » .

(ج) دورة الكتابة تشبه هذه الدورة دورة إعادة الكتابة ولكن يتم توصيل تيار للسلك Z أو عدم توصيله بناء على المعلومات المطلوب كتابتها . ويلاحظ أن دورة الكتابة تسبقها دائماً دورة قراءة .

(د) التحقق من البيانات هذه طريقة تستخدم للتحقق من صحة البيانات المنقولة . في حالة استخدام « اختبار التطابق الفردي » يكون مجموع عدد الإشارات المنطقية ذات القيمة « 1 » في الكلمة المنقولة فردياً (هذا المجموع يشمل الرقم الثنائي اللازم للتحقق من البيانات) أما في حالة استخدام « اختبار التطابق الزوجي » يكون مجموع عدد الإشارات المنطقية ذات القيمة « 1 » زوجياً (هذا المجموع يشتمل أيضاً على الرقم الثنائي للتحقق من البيانات) .

يتم اختبار صحة الكلمة بعد كل دورة للتحقق من دقة البيانات وللتأكد من نجاح عملية نقل البيانات . ويعتبر اختبار التطابق الفردي أكثر ذبوعاً من اختبار التطابق الزوجي .

إن ذاكرة القلوب الحديدية تمثل نظاماً للوصول المباشر بحيث يكون لكل موضع عنوان ويكون وقت الوصول للمعلومات في حدود $2\mu S$ (جزءين من مليون جزء من الثانية) وهذا الوقت ثابت لا يتغير بتغير موضع البيانات في الذاكرة . وتتميز ذاكرة القلوب الحديدية بصغر استهلاكها للطاقة وصغر حجمها بالإضافة إلى درجة عالية من الاعتمادية .

١١ - ٤ مخازن الغشاء الرقيق

لتصنيع هذا النوع يتم ترسيب طبقة رقيقة جداً من سبيكة من الحديد والنيكل على الزجاج وعند وجود مجال مغناطيسي قوى يعمل هذا الغشاء الرقيق كغناطيس يمكن مغنطته في أحد اتجاهين متوازيين يمثلان الإشارتين المنطقتين « 1 » و « 0 » يتم تركيب نظام الذاكرة لهذا النوع من المخازن بطريقة مشابهة لذاكرة القلوب الحديدية إلا أننا نستخدم شرائح رقيقة من المعدن على سطح الزجاج بدلا من الأسلاك في ذاكرة القلوب الحديدية .

يتم وضع خط موصل واحد لكل صف أو عمود من صفوف أو أعمدة عناصر الغشاء الرقيق في كل مستوى وهناك خط قراءة واحد لكل مستوى . يستخدم أيضاً خط كلمة لاختيار العنصر المطلوب من مستوى . ويتم وضع عناصر التخزين بحيث تقع بين الشرائح الموصلة خلال عملية التصنيع .

برغم استهلاك هذه المخازن لقدر أقل من الطاقة وصغر وقت الوصول المطلوب بحيث يصل إلى حوالى $0.2\mu s$ فإن الإشارة الناتجة تكون صغيرة جداً بحيث تحتاج لتكبير عال .

١١ - ٥ مخازن أشباه الموصلات

يتوافر الآن عدد كبير من أنواع الذاكرة المصنعة من أشباه الموصلات وبرغم عدم وجود مواصفات قياسية لهذا النوع من الذاكرة حتى الآن فإن هناك مجموعة من الأشكال ومن توصيلات الأرجل من الممكن استعمالها مع منتجات مصنعي دوائر أشباه الموصلات الآخرين . من أهم مزايا ذاكرة أشباه الموصلات احتلالها لمساحة صغيرة علاوة على صغر وقت الوصول للمعلومات بها . بالإضافة إلى ذلك يتحتم أن تكون غير مدمرة للمعلومات . أى يجب أن تحتفظ بالمعلومات المخزنة حتى لو قطع الجهد الكهربائي المغذى لها . عادة ماتكون الذاكرة غير المدمرة من النوع ROM (ذاكرة للقراءة فقط) .

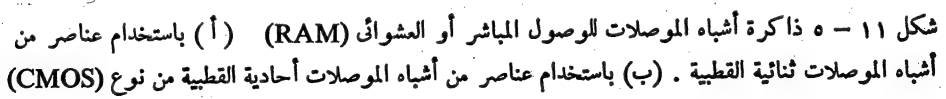
يحتاج مصنعو هذه الذاكرة إلى تحديد شيئين أولهما العملية الصناعية المستخدمة وثانيهما تصميم الخلية المطلوب . فثلا الخلايا من النوع أشباه الموصلات ثنائية التوصيل لها زمن وصول سريع جداً ولكن تكون كتابة عناصر التخزين أقل (كثافة العناصر تعرف بأنها عدد العناصر الممكن تصنيعها في وحدة المساحات) . في نفس الوقت تتميز طرق تصنيع MOS و CMOS بأن زمن الوصول بطيء نسبياً ولكن كثافة التخزين عالية جداً . يلاحظ أن دوائر الذاكرة تختلف عن النظم المنطقية العادية في أنها تحتوي على عدد كبير جداً من الخلايا المتكررة ولذلك يمكن الحصول على كثافة أعلى عند تصنيع عناصر الذاكرة . يمكن تفسير ببطء زمن الوصول في نبائط أشباه الموصلات أحادية التوصيل إلى وجود المكثفات الطفيلية المتصلة بكتلة السليكون المستخدمة وجار التغلب على هذه المشكلة باستخدام طرق تصنيع حديثة مثل السيليكون على السفاير (SOS) و (NMOS) والطرق الأحدث مثل VMOS و (AMT) .

يمكن تقسيم خلايا التخزين إلى نوعين أولهما استاتيكي بمعنى أن المعلومات المخزنة تظل ثابتة طالما استمر وجود تيار التغذية الكهربائي . وثانيهما ديناميكي بمعنى أن المعلومات يحتفظ بها على هيئة شحنات كهربائية في مكثفات بحيث يجب تجديدها دورياً في دورة تجديد لتعويض الشحنة المتسربة من المكثفات .

١١ - ٦ ذاكرة الوصول المباشر (RAM) من أشباه الموصلات

العنصر الأساسي في هذه الذاكرة هو الدائرة القلابة ويتم وضع الدوائر القلابة المكونة لهذه الذاكرة في منظومة بحيث يمكن اختيار أى عنصر عن طريق سلكي اختبار X و Y بطريقة مشابهة لطريقة اختيار قلب حديدى في ذاكرة

يوضح شكل ١١ - ٥ (أ) خلية من خلايا الذاكرة الاستاتيكية لأشباه الموصلات ثنائية القطبية . عندما يكون الجهد المتصل بالسكين X و Y جهداً منخفضاً يمر تيار في الترانزستور $TR1$ أو $TR2$ تبعاً للمعلومة المخزنة في الخلية إلى خط X و Y ذوي الجهد المنخفض .



لقراءة الخلية يتم رفع جهد خطي الاختيار X و Y إلى جهد موجب بحيث يتحول هذا التيار المار في أى من $TR 1$ أو $TR 2$ إلى خطي البيانات . يلاحظ أن التيارين المارين في خطي البيانات يكونان غير متساويين مما يدل على الحالة المنطقية للخلية . للكتابة في الخلية يجب رفع جهد خطي الاختيار X و Y إلى جهد موجب والاحتفاظ بجهد خط البيانات موجباً أو سالباً تبعاً للترانزستور المراد وضعه في حالة توصيل (ON) .

يبين شكل ١١ - ٥ (ب) خلية تخزين استاتيكية بسيطة باستخدام ترانزستورات من أشباه الموصلات أحادية القطبية من نوع CMOS وتستخدم هذه الخلية نبائط ذات قناة من نوع n للعنونة ، يتميز هذا النوع من الخلايا بسرعة وصول عالية (في حدود 200 ns) واستهلاك أقل للطاقة بالنسبة لخلايا أشباه الموصلات ثنائية القطبية . يلاحظ أن خطي البيانات لا يتصلان بخلية الذاكرة إلا عندما يكون كل من سلكي الاختيار X و Y ذي جهد سالب .

يمكن الآن الحصول على ذاكرة وصول عشوائى (RAM) ذات سعة تصل إلى 4K أرقام ثنائية (يعرف 1K على أنه 1024) في دائرة متكاملة واحدة ذات ٢٢ رجلا للتوصيل أو ١٦ رجل توصيل في تغليفه من نوع (DIL) . ومن المتوقع في المستقبل القريب أن يصبح من الممكن الحصول على دائرة متكاملة واحدة تمثل ذاكرة وصول عشوائى لتخزين 16K رقماً ثنائياً (*)

١١ - ٧ ذاكرة الوصول العشوائى الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات

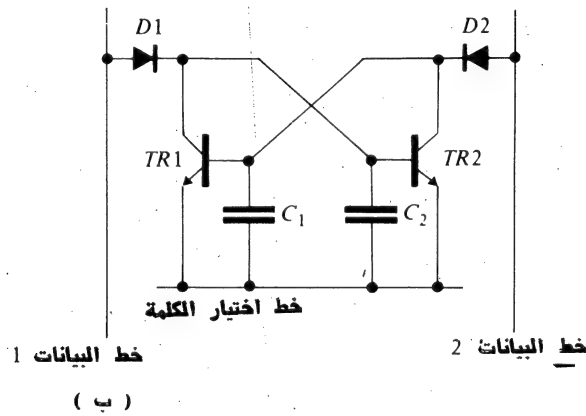
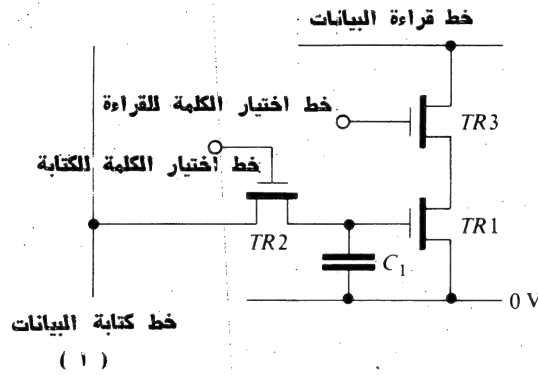
يمكن الحصول على كثافة تخزين عالية باستخدام ذاكرة الوصول العشوائى الديناميكية بالنسبة للذاكرة الاستاتيكية ويتوافر الآن دوائر متكاملة تحتوى الواحدة منها على 16K رقماً ثنائياً من الذاكرة الديناميكية مع احتمال الوصول إلى ساعات تخزين في حدود 32K رقماً ثنائياً في المستقبل القريب من هذا النوع . يتميز نظام الذاكرة الديناميكية بسرعه وقلة الطاقة المستهلكة ولكنه يعانى من مشكلة تسرب الشحنة المخزنة في مكثف التخزين مما يعنى وجوب تجديد شحن هذا المكثف باستمرار (في العادة يتم إعادة شحن المكثف كل بضعة أجزاء من الألف جزء من الثانية) .

لقد تم تصميم وتطوير دوائر كثيرة مختلفة من هذا النوع من الذاكرة منها الدائرة البسيطة الموضحة في شكل ١١ - ٦ (أ) والتي تستخدم ثلاثة ترانزستورات من نوع MOS حيث يتم تخزين الشحنة في المكثف C_1 . إذا كان الترانزستور $TR2$ في حالة توصيل (ON) فإنه يمكننا تجديد كتابة الشحنة أو تغييرها . كما يمكن قراءة محتويات الخلية بتوصيل خط القراءة إلى جهد سالب (الحالة المنطقية « 1 ») وبذلك يصبح الترانزستور $TR3$ في حالة توصيل إذا كان هناك « 1 » مخزن في C_1 يؤدي ذلك إلى وضع $TR1$ في حالة توصيل (ON) مما يؤدي لتفريغ الشحنة إلى خط البيانات . أما إذا كان هناك « 0 » في C_1 فإن خط البيانات لا تتغير حالته . بذلك فإنه في نهاية دورة القراءة تكون حالة خط البيانات متممة للقيمة المخزنة في الخلية . ويتم تصحيح ذلك بإعادة كتابة البيان الموجود في خط البيانات عن طريق خط كتابة البيانات لتجديد تخزين القيمة الصحيحة في الخلية عقب كل دورة للقراءة .

عموماً يتم تصنيع الذاكرة الديناميكية باستخدام نبائط أشباه الموصلات أحادية القطبية بالرغم من تصميم بعض أنواع هذا النوع من الذاكرة باستخدام نبائط أشباه الموصلات ثنائية القطبية وأن هناك أبحاثاً لتطويرها باستخدام وصلة

(*) هذه الأرقام صحيحة وقت كتابة الكتاب لكن ارتفعت ساعات التخزين المختلفة للدوائر الآن ليصبح من الممكن تخزين 16K بايت و 64K بايت في دائرة متكاملة واحدة .

شوتكي الثنائية وطرق I^2L . يوضح شكل ١١ - ٦ (ب) خلية ذاكرة وصول عشوائي ديناميكية من أشباه الموصلات ثنائية القطبية حيث يتم تخزين البيانات في المكثفات C_1 و C_2 في الحالة العادية يكون كل من النيبتين الثنائيين D_1 و D_2 في حالة عكسية بحيث تكون خطوط البيانات 1 و 2 معزولة تماماً عن الخلية ويكون الجهد الموجود على أحد المكثفين أعلى من الجهد الموجود على المكثف الآخر تبعاً لحالة الترانزستورين $TR1$ و $TR2$ (أيهما في حالة توصيل) . يمكن عنونة الخلية بوضع جهد منخفض على خط اختيار الكلمة ويمكن بذلك قراءة المعلومة بمعرفة التيارات السارية في خطوط البيانات . يتم تجديد تخزين المعلومة (أو كتابة معلومة جديدة) بوضع الحالة المطلوبة على خط البيانات المناظر (أي بوضع الجهود المناسبة على خطوط البيانات) .



شكل ١١ - ٦ ذاكرة الوصول العشوائي (RAM) الديناميكية المصنعة من أشباه الموصلات .
(أ) نبائط أحادية التوصيل من نوع (MOS) (ب) نبائط ثنائية التوصيل .

يتم عادة تنظيم خلايا الذاكرة في مصفوفة بخطوط الاختيار X و Y التي تتصل بدورها بدائرة فك الشفرة للعناوين X و Y كما هو موضح في شكل ١١ - ٧ (أ) . يلاحظ في هذا الشكل أن كل خلية تتركب من ثلاثة ترانزستورات من نوع MOS كما هو مبين في شكل ١١ - ٦ (أ) .

يتم استخدام دوائر التكبير الموضحة في شكل ١١ - ٧ (ب) وذلك لضمان إمكانية تجديد شحنات الخلايا كل 2 ms تقريباً . يلاحظ أن الترانزستورين $TR3$ و $TR4$ يعملان كمقاومتين في هذه الدائرة . يبدأ عمل الخلية بوضع خطوط

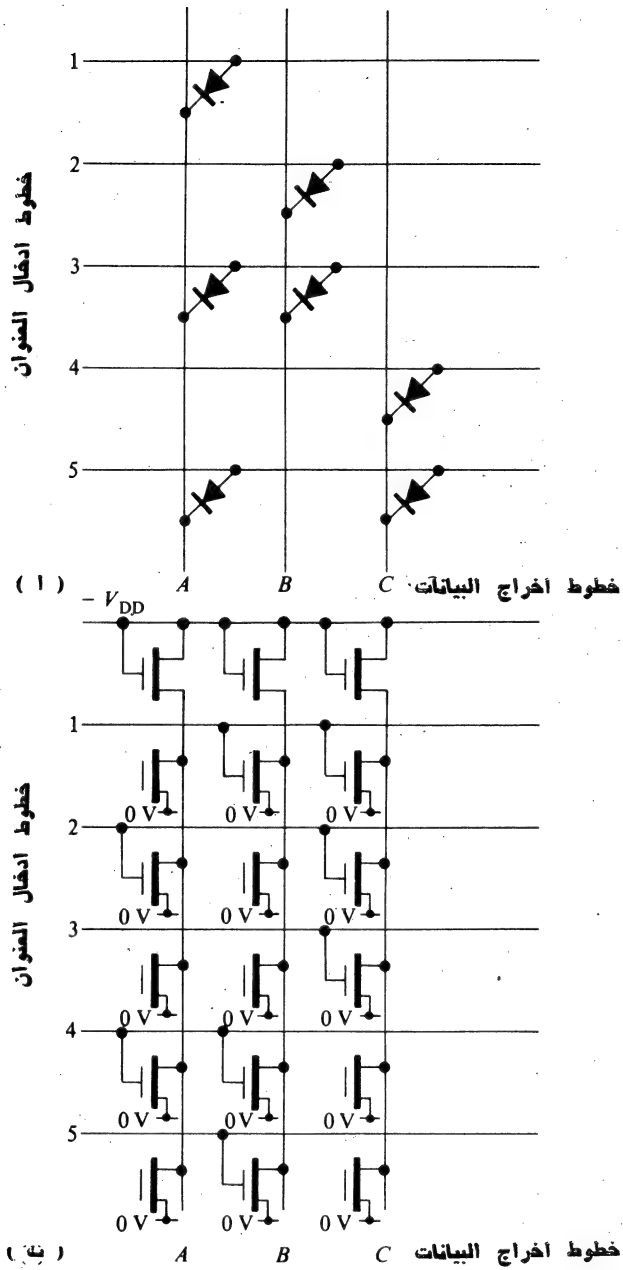
البيانات في الحالة "1" عن طريق خط الشحن الأول ثم يتم عنونة صف من الخلايا عن طريق خطوط الاختيار X و Y وتكون الإشارات الخارجة على خطوط قراءة البيانات متممة للقيمة المخزنة في صف الخلايا . تبدأ دورة التجديد بوضع الترانزستور TR1 في حالة توصيل وبذلك تصبح الإشارات المتممة الموجودة على خطوط البيانات متصلة مباشرة بخطوط الكتابة بحيث يمكن إعادة كتابتها في الخلية . بذلك يمكننا إعادة كتابة (تجديد) صف كامل من الخلايا في نفس الوقت رغم أننا قنا بقراءة خلية واحدة .

يمكننا كتابة معلومة جديدة في الخلية بالاحتفاظ بالترانزستور TR1 في حالة قطع وإدخال المعلومة المطلوبة مباشرة على خط كتابة البيانات . ومن الممكن زيادة سعة تخزين الذاكرة المصنوعة من أشباه الموصلات بإضافة دوائر متكاملة أخرى .

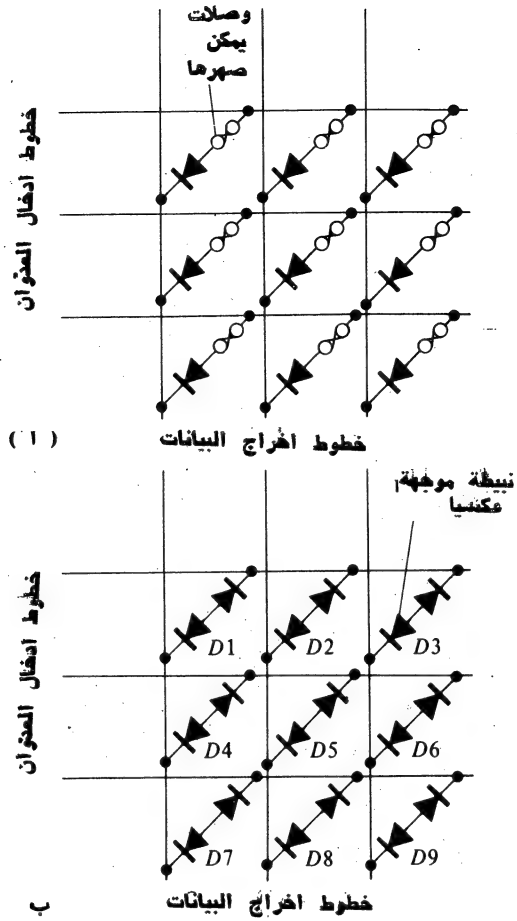
١١ - ٨ ذاكرات أشباه الموصلات من أنواع ROM و PROM و EPROM و EAROM

ROM إختصار معناه ذاكرة يمكن قراءتها فقط وهي تصنع عادة على هيئة مصفوفات من الخلايا شبيهة بمصفوفات الذاكرة من نوع RAM بحيث يمكن الوصول لأي من خلاياها بسرعة ولكن في العادة تستخدم ذاكرة ROM لتخزين معلومات لايتحتمل أن تتغير بسرعة كما هو الوضع بالنسبة للذاكرة من نوع RAM. يتوافر الآن أنواع مختلفة للذاكرات الممكن قراءتها فقط . أولها ذاكرة ROM التي يتم برمجتها في المصنع وهذه يتم برمجتها باستخدام قناع تبعاً لمواصفات قياسية أو تبعاً لمواصفات المشتري . أما الذاكرة من نوع PROM (ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها) فيتم شراؤها خالية من أي معلومات مخزنة ثم يقوم المشتري ببرمجتها بنفسه تبعاً لاحتياجات العمل ويناسب هذا النوع عمليات تصميم وتنفيذ واختبار النظم . يتم إنتاج هذا النوع في شكلين أساسيين أولهما يستعمل وصلات يمكن صهرها بحيث تصبح المعلومات ثابتة عقب برمجتها أما النوع الآخر فذاكرة يمكن مسح البرنامج المكتوب بها باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (EPROM) . في هذا النوع يمكن مسح المعلومات المخزنة تماماً من الذاكرة بتعريضها لإشعاع قوى من الأشعة فوق البنفسجية وعادة يكون ذلك خلال نافذة زجاجية في الدائرة المتكاملة ومن ثم يمكن إعادة برمجتها . يوجد أيضاً نوع آخر يطلق عليه ذاكرة EAROM وهي ذاكرة يمكن قراءتها فقط كما يمكن برمجتها وتغيير المعلومات أو البرنامج باستخدام نبضات كهربية . وهي ذاكرة تم برمجتها باستخدام نبضات كهربية ذات جهد عال على أرجل التوصيل الخاصة بالبرمجة . وتتميز ذاكرة EAROM عن ذاكرة EPROM بإمكانية مسح كلمة واحدة من الذاكرة وإعادة كتابتها بدون التأثير على باقي محتويات الذاكرة .

تتميز ذاكرة ROM برخصها وسرعها العالية وارتفاع كثافة مصفوفات التخزين الثابتة فيها . يتم عموماً تصنيع هذا النوع من الذاكرات باستخدام الشبكات المنطقية التراكيبية بدلاً من الدوائر القلابية وذلك لأنها تقوم بتخزين شكل معين من الإشارات المنطقية . يوضح شكل ١١ - ٨ (أ) مصفوفة بسيطة من النبائط الثنائية وهي جزء من دائرة تحويل النظام العددي العشري إلى النظام الثنائي بحيث يتم وضع العدد العشري على صورة جهد موجب على العنوان المناسب وبذلك تظهر الإشارات المنطقية على خطوط البيانات . يتم برمجة هذه الذاكرة أثناء عمليات التصنيع باستخدام عدد من الأقمعة المختلفة أثناء مراحل الانتشار . بين شكل ١١ - ٨ (ب) مصفوفة من الترانزستورات من نوع MOS والتي تقوم بعمل مماثل لمصفوفة النبائط الثنائية . في هذه الحالة يتم توصيل بوابات الترانزستورات المختارة فقط بخطوط العناوين وبذلك إذا ظهرت إشارة منطقية "1" (جهد سالب) على المدخل فإن الترانزستور يصبح في حالة توصيل مما ينتج عنه ظهور الإشارة المنطقية "0" على خط البيانات الخارجة وذلك بالنسبة للترانزستورات المتصلة ببواباتها



شكل ١١ - ٨ ذاكرة ROM يتم برمجتها بالقناع (أ) خطوط إخراج البيانات (ب) مصفوفة من ترانزستورات MOS

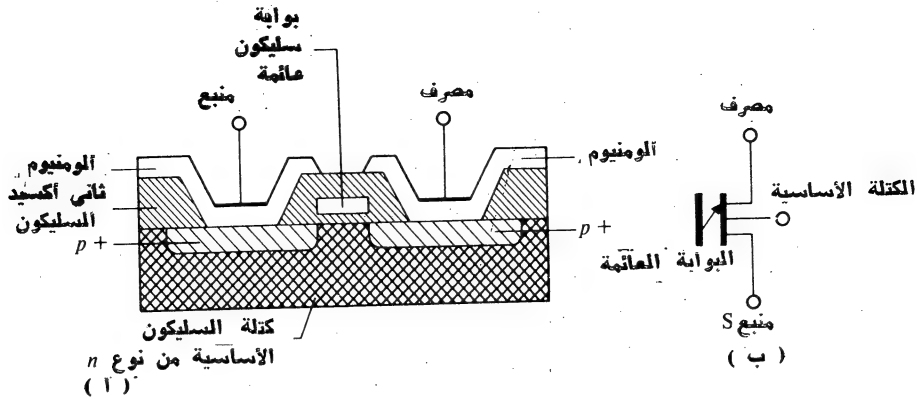


شكل ١١ - ٩ ذاكرة PROM ذات وصلات يمكن صهرها (أ) وصلات يمكن صهرها (ب) نبائط موجهة عكسياً .

بخطوط العناوين فقط . تتوافر ذاكرات ROM الآن والتي يمكن برمجتها باستخدام قناع بسعات تصل إلى 16 K و 32 K رقماً ثنائياً للدائرة المتكاملة الواحدة .

تصنع ذاكرة PROM ذات الوصلات المنصهرة في صورتين أولهما على شكل مصفوفة من النبائط الثنائية (أ أو الترانزستورات) ذات وصلات يمكن صهرها وموصلة على التوالي مع كل منها . تم برمجة هذا النوع عن طريق صهر الوصلات (عن طريق التحكم في نبضات من التيار الكهربائي) الموجودة على التوالي مع النبائط غير المطلوبة في المصفوفة كما هو مبين في شكل ١١ - ٩ (أ) . بعد إتمام هذه العملية فإن توزيعات النبائط الثنائية المبرمجة في المصفوفة لا يمكن تغييرها . بذلك إذا تمت كتابة أي شيء في هذه الذاكرة لا يمكن تغييره بعد ذلك . النوع الثاني يتكون من مصفوفات من الخلايا كما هو مبين في شكل ١١ - ٩ (ب) .

تتكون كل خلية من نبيتين موصلتين عكس بعضهما البعض بذلك تكون الخلية مفتوحة كهربياً وغير موصلة في البداية ، تم عملية البرمجة لهذه الذاكرة عن طريق وضع جهد عال مما يسبب مرور نبضة تيار مرتفع في الخلية بحيث يتم كسر حاجز النبيطة الثنائية الموجهة عكسياً .

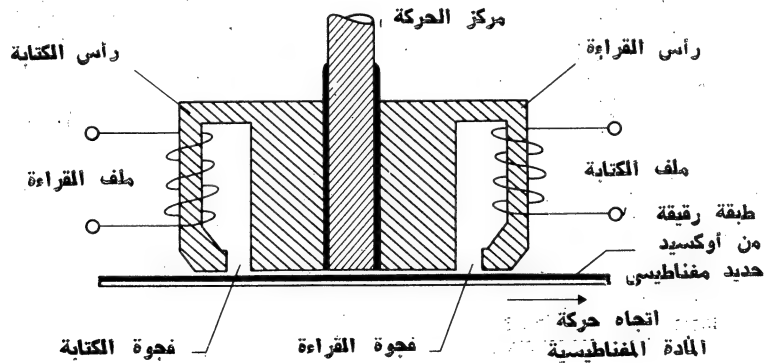


شكل ١١ - ١٠ ترانزستور من نوع MOS ذو بوابة عائمة والمستخدم في دوائر EPROM (أ) شكل وتركيبية الترانزستور (ب) الرمز المستخدم في رسم الدوائر .

أما بالنسبة لذاكرة EPROM فيتم مسحها تماماً بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لمدة حوالى عشر دقائق . ثم تتم إعادة برمجتها بطريقة مشابهة للطريقة المستخدمة في ذاكرة PROM ذات الوصلات الممكن صهرها . يلاحظ أن ذاكرة EPROM تعمل عن طريق مصيدة شحنات في بوابة من نوع الانهيار العائم بترانزستور من نوع MOS كما هو مبين في شكل ١١ - ١٠ . تتوافر ذاكرة EPROM في سعات مختلفة مثل 16×32 رقاً ثنائياً و $8 \times 2K$ رقاً ثنائياً و $4 \times 1K$ رقم ثنائى .

١١ - ٩ المخازن الاحتياطية

بسبب السعة المحدودة لذاكرة الوصول المباشر فإننا في المادة نحتاج لاستخدام مخازن احتياطية لوحدة التحكم المركزية (CPU) . تتعامل المخازن الاحتياطية مع كميات كبيرة من البيانات المستخدمة في عمليات التشغيل المختلفة . ولكنها أبطأ من ذاكرة الوصول المباشر وعموماً يمكننا القول بأنه كلما قل زمن الوصول للبيانات في وحدات التخزين كلما ارتفعت تكاليفها .



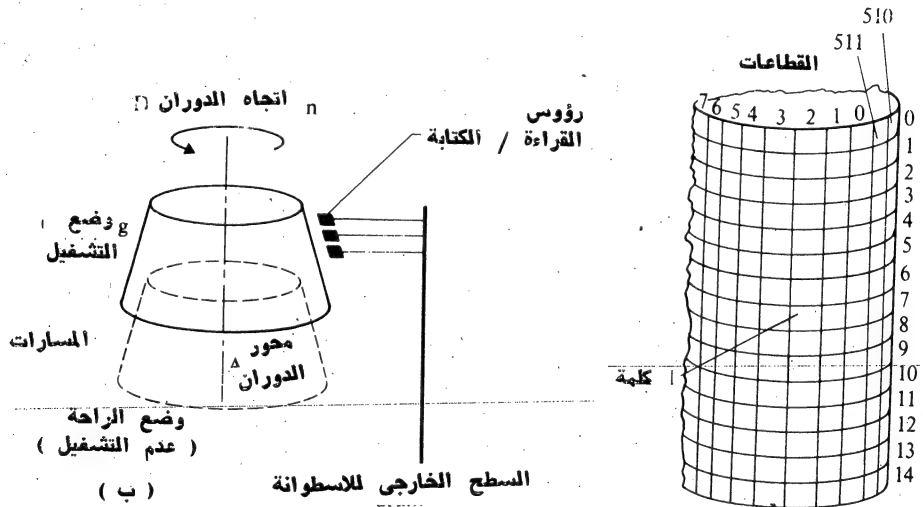
شكل ١١ - ١١ رأس القراءة / الكتابة المغناطيسى

تستخدم وحدات التخزين الاحتياطية في العادة وسط مغناطيس للتخزين . وتم كتابة أو قراءة البيانات من طبقة رقيقة من أكسيد المادة المغناطيسية المستعملة وذلك عن طريق التغيرات الموجودة في اتجاهات الحقل المغناطيسي في منطقة محدودة بالقرب من رأس القراءة أو الكتابة . يعتبر نظام التسجيل الطولي من أكثر الطرق المستخدمة ويكون المجال المغناطيسي الرئيسي للسطح المراد مغنطته في نفس المستوى الموجود به الأكسيد وموازيًا له . يوضح شكل ١١ - ١١ تركيبة رأس كتابة / قراءة المستخدم في مثل هذه الحالة . عندما يمر تيار كهربائي في ملف الكتابة يصبح رأس الكتابة ممغنط ويمر الحث المغناطيسي الناتج في طبقة الأكسيد الرقيقة وبذلك تصبح المساحة الصغيرة القريبة من رأس الكتابة ممغنطة في اتجاه معين . أما إذا مر التيار في الاتجاه العكسي يكون الحث المغناطيسي الناتج في الاتجاه العكسي أيضاً وبذلك تم مغنطة طبقة الأكسيد أيضاً في الاتجاه العكسي . بذلك تستعمل هاتان الحالتان لعملية المغنطة لتمثيل الإشارات المنطقية "1" و "0" . أما في حالة القراءة فإن حركة طبقة الأكسيد الرقيقة أمام رأس القراءة يسبب الحث المغناطيسي المنبعث من المنطقة المغنطة في توليد قوة دافعة كهرومغناطيسية في ملف القراءة .

تعتبر الاسطوانة المغنطة والشريط المغنط والقرص المغنط الممكن إبداله أكثر ثلاث وسائل مستخدمة في المخازن الاحتياطية اليوم .

١١ - ١٠ الاسطوانة المغنطة كمخزن احتياطي

تتركب الاسطوانة المغنطة من اسطوانة ذات سطح مغلف بطبقة من أكسيد حديد مغناطيسي وتدور حول محورها الرأسي . يقسم سطح الاسطوانة المؤكسد إلى مسارات أفقية يمر عليها رأس القراءة / الكتابة كما يقسم رأسياً إلى قطاعات تعرف حدودها طول الكلمة المستخدمة . لذلك يمكننا اختيار أي كلمة بتحديد إحداثيات المسار الأفقي والقطاع الرأسي لها . ويوضح شكل ١١ - ١٢ (أ) تقسيم البيانات على سطح الاسطوانة المغنطة . في حالة احتياجنا لنقل البيانات من أو إلى الاسطوانة على أكثر من مسار أفقي واحد يتطلب ذلك تأخيراً في وقت القراءة لإتمام عملية تحويل القراءة من



شكل ١١ - ١٢ الاسطوانة المغنطة كمخزن احتياطي (أ) توزيع البيانات على سطح الاسطوانة (ب) تركيبة الرأس الطائر .

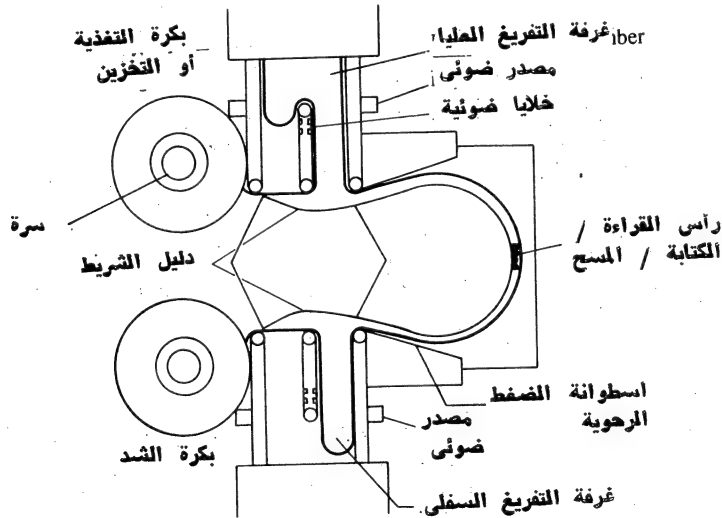
مسار إلى آخر . في هذه الحالة قد يصل زمن التأخير إلى زمن مساو للزمن اللازم لإتمام دورة كاملة واحدة للاسطوانة .
يمكننا تقليل هذا التأخير بتراجع بداية الكلمة التالية في المسار التالي . يمكن تقسيم تجميعه القراءة / الكتابة إلى ثلاثة أنواع :

(أ) تركيبة الرأس الثابت - في هذه التركيبة يكون هناك رأس قراءة / كتابة واحد لكل مسار من المسارات ويكون هناك فجوة أو مسافة ثابتة بين رؤوس المسارات المختلفة و سطح الاسطوانة . كما يتم وضع التركيبة كلها داخل غلاف ذي درجة حرارة ثابتة لتقليل احتمالات اصطدام الرؤوس بالاسطوانة بسبب التمدد الحرارى .
(ب) تركيبة الرأس الراقص : في هذه التركيبة يكون هناك رأس واحد لكل مجموعة من المسارات بحيث يتحكم في وضعها بمغناطيس كهربي . يعيب هذا النظام بطوئه أى طول زمن الوصول للبيانات ولكنه يتميز بقلّة تكاليفه بالمقارنة بالرأس الثابت .

(ج) تركيبة الرأس الطائر : في هذا النظام يكون هناك رأس واحد لكل مسار بحيث يطير هذا الرأس فوق طبقة الهواء الموجودة حول الاسطوانة . بذلك يجب أن تصل الاسطوانة لسرعة دوران تشغيل معينة حتى تكون الرؤوس في مواضعها الصحيحة للتشغيل . يمكن تقليل احتمالات اصطدام الرأس ب سطح الاسطوانة بتصميم الاسطوانة بحيث يكون سطحها مخروطي الشكل وبحيث ترتفع على محورها الرأسى عندما تصل سرعة دورانها للسرعة المعينة عند التشغيل العادى كما يوضح شكل ١١ - ١٢ (ب) . تتميز هذه التركيبة بزمن وصول قصير وكثافة تخزين عالية ولكنها باهظة التكاليف .

١١ - ١١ الشريط المغنط كمخزن احتياطي

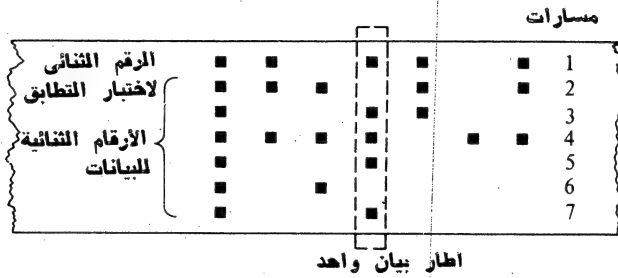
يلف الشريط المغنط حول بكرات ذات ساعات ٢٠٠ و ٦٠٠ و ١٢٠٠ و ٢٤٠٠ قدم من الشريط وهو مماثل لشرائط أجهزة التسجيل المنزلية لكنه ذو نوعية أجود وغالباً مايكون عرضة في حدود نصف بوصة . يغطي أحد سطحي الشريط البلاستيك بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد . يمكن للشريط الواحد تخزين ٢٠٠٠ حرف في البوصة الواحدة ويجمع في اسطوانة تخزين كما هو مبين في شكل ١١ - ١٣ . يتأثر مشغل الشريط باسطوانة الضغط الرحوية الدوارة



شكل ١١ - ١٣ تركيبة الشريط المغنط .

والتي تدور بسرعة منتظمة ويتوقف الشريط عند إزالة اسطوانة الضغط الرجوعية وتشغيل فرامل على سرعة الشريط . يجب أن يتجاوب مشغل الشريط مع حركات القيام والتوقف وإعادة الدوران المفاجيء بسرعة ودون أن يسبب أضراراً بالشريط .

تخزن المعلومات على الشريط في إطارات كما هو مبين في شكل ١١ - ١٤ لشريط ذي سبعة مسارات تخصص ستة مسارات لتخزين الأرقام الثنائية للبيانات ويخصص المسار السابع لتخزين الرقم الثنائي لإشارة اختبار التوافق . في عملية القراءة تستخدم هذه الإشارة الثنائية لاختيار صحة البيانات المقروءة أما في عملية الكتابة فتكتب هذه الوحدة ويختبر نجاح عملية الكتابة بقراءة البيان مرة أخرى واختبار هذه الإشارة (إشارة اختبار التوافق) للتأكد من صحة البيان الذي تمت كتابته . تنتقل المعلومات من وإلى وحدة التشغيل المركزية في شكل مجموعات يتم تخزينها على الشريط بحيث يفصل بين هذه المجموعات فراغات بيئية . تساعد هذه الفراغات البيئية الشريط على الوصول للسرعة المطلوبة في عمليات القراءة والكتابة .

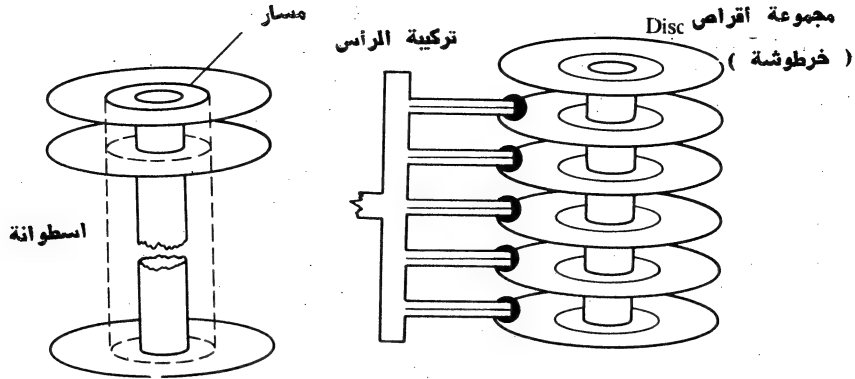


شكل ١١ - ١٤ تسجيل البيانات على الشريط المغنط .

تقوم تركيبة رأس الشريط المغنط بثلاث عمليات هي المسح / الكتابة / القراءة خلال عملية الكتابة يتم مسح المعلومات المكتوبة الجديدة تسلسلياً في إطارات بحيث يتم كتابة مجموعة كاملة من الإطارات في المرة الواحدة . ثم يتم اختبار نجاح عملية الكتابة بقراءتها مرة أخرى عن طريق رأس القراءة . يكون وقت الوصول للمعلومات طويلاً نسبياً وذلك بسبب التخزين التسلسلي للمعلومات وقد يصل إلى عدة دقائق . ولكن يتميز الشريط المغنط في نفس الوقت بقلّة تكاليفه النسبية .

١١ - ١٢ قرص التخزين الممكن تبديله

يتكون قرص التخزين الممكن إبداله من مجموعة (خرطوشة) من الأقراص (عادة ستة أقراص) مركبة في وحدة تشغيل تحتوي على المشغل ورؤوس القراءة / الكتابة ودوائر التحكم لتركيب الرأس نفسها . تحتوي الخرطوشة ذات الأقراص الستة على عشرة أسطح للتسجيل كل منها مغطى بطبقة رقيقة من أوكسيد الحديد ولايستخدم السطحان الخارجيان في عملية التسجيل كما هو مبين في شكل ١١ - ١٥ (أ) ويتم الوصول لأسطح التسجيل النشطة عن طريق رؤوس التسجيل الخاصة بكل سطح . تتركب هذه الرؤوس على أذرع معدنية بحيث تتحرك جميع الأذرع معاً في نفس الوقت ويوجد بين كل سطحين متجاورين رأسان للقراءة امتدان بين القرصين المتجاورين . تدور الخرطوشة حتى تصل سرعتها لسرعة التشغيل ثم تتحرك الرؤوس إلى المنتصف وتتحرك كل رأس على حدة لتقترب من الأسطح المختلفة للتخزين عن طريق دوران أذرع التي تحملها .



(١)

شكل ١١ - ١٥ تركيبة قرص التخزين المغنط الممكن تبديله (أ) تركيبية الرأس والأقراص المغنطة (ب) تركيبية الاسطوانة

يتكون كل سطح من الأسطح النشطة من عدة مئات من المسارات المتحدة المركز وتسمى المساحة الخاصة بالتشغيل المكونة من عشرة مسارات متناظرة (واحد في كل سطح من أسطح التسجيل) بالاسطوانة كما هو موضح في شكل ١١ - ١٥ (ب) . ينقسم كل مسار إلى ثمانية أجزاء متساوية تعرف بالمجموعات وتكون سعة التخزين للمجموعات المختلفة متساوية .

تم قراءة / كتابة المعلومات تسلسلياً بين الاسطوانات وتعنون البيانات برقم الاسطوانة ورمز رأس القراءة .

تتوافر الأقراص المغنطة في ساعات تخزين تصل إلى ١٠٠ مليون حرف لكل خرطوشة أقراص وتتميز بوقت وصول سريع يصل إلى ١٠٠ مللي من الثانية لكنها غالية الثمن . لقد تم تصميم وتنفيذ نوع آخر من الأقراص يسمى بالأقراص المرنة بحيث توفر مخازن احتياطية لنظم الحاسبات الدقيقة . تعمل هذه الأقراص بمبادئ شبيهة بالمبادئ التي قدمناها في الأقراص المغنطة ولكن يتم تصنيع هذه الأقراص من مواد أكثر مرونة ولذا يطلق عليها لفظ المرنة وتكون وحدة التشغيل والقرص نفسه ذات حجم أصغر كثيراً من الوحدات المستخدمة في الحاسبات الكبيرة .

الفصل الثاني عشر

مفاهيم البرمجة

١٢ - ١ مبادئ عمل خرائط سير العمليات

عند استخدام الحاسب في حل أى مسألة أو مشكلة يجب أن يوضع الحل على شكل سلسلة من الخطوات المحددة بوضوح تسمى الألوثيرم . يعرف الألوثيرم المستخدم لحل مسألة معينة بأنه مجموعة محدودة من الأوامر التى يقوم الحاسب بتنفيذها للحصول على الحل الفعلى (إذا كان الحل فى واقع الأمر ممكناً) . يمكن تمثيل قائمة الأوامر هذه على شكل رسم تخطيطى لمجموعة من الرموز المتصلة ببعضها البعض ويسمى هذا الرسم باسم خريطة سير العمليات .

إن خريطة سير العمليات للبرنامج هى وصف تفصيلى للبرنامج المزمع استخدامه لحل مشكلة معينة وهو يعكس دائماً نوع الحاسب واللغة التى ستستعمل وهناك مزايا عديدة لإعداد البرنامج بهذه الطريقة : -

(أ) أنها تجبرك على تحليل المشكلة قبل محاولة وضع حل لها .

(ب) تقدم وصفاً وضحاً لكيفية حل المشكلة .

(ج) توفر سجلاً لخطوات الحل مما يسهل مهمة البحث عن أخطاء فى الحل .

(د) يمكن استخدامها لشرح المشكلة وطريقة الحل لأشخاص آخرين .

١٢ - ٢ خريطة سير العمليات البسيطة

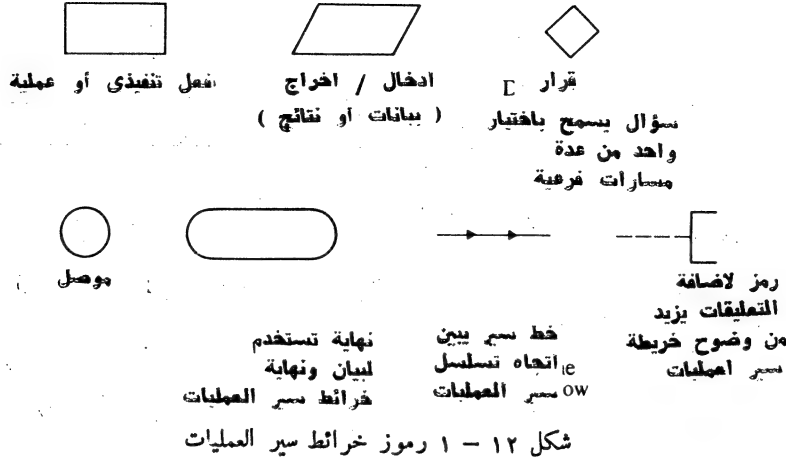
عند رسم خريطة سير عمليات ، ينصح بطرح الأسئلة التالية :

(أ) ما هى البيانات المتوافرة ؟ وفى أى شكل تقدم البيانات ؟ بأى وحدات تقاس البيانات وما هو ترتيب البيانات ؟

(ب) ما هى الحلول أو النتائج المطلوبة ؟ فى أى شكل تطلب هذه الحلول ؟ بأى وحدات تقاس هذه الحلول ؟ وفى أى ترتيب تقدم هذه الحلول ؟ .

(ج) ما هى الطرق المتوافرة لحل هذه المشكلة ما هى الطريقة الأكثر كفاءة بين هذه الطرق ؟

يبين شكل ١٢ - ١ الرموز المستعملة بكثرة فى رسم خرائط سير العمليات مع شرح لمعانيها . وسوف ننظر الآن إلى بعض الأمثلة البسيطة لتوضيح استخدام هذه الرموز فى خرائط سير العمليات .



ملحوظة : عند كتابة خريطة سير العمليات وبيانات البرنامج يمكن تفادي الغموض بتعديل طريقة كتابة بعض الحروف والأرقام كالتالي :

- القيمة الرقية « صفر » تكتب 0
- الحرف الإنجليزي (oh) يكتب ϕ أو θ
- القيمة الرقية واحد تكتب 1
- الحرف الإنجليزي (eye) يكتب I
- القيمة الرقية (إثنان) تكتب 2
- الحرف الإنجليزي (zed) يكتب Z
- القيمة الرقية (سبعة) تكتب 7
- عملية الضرب تكتب * وعملية الرفع لأس يكتب ** (يعتمد هذا على نوع اللغة المستخدمة) .
- تعبر وحدات العرض البصرية (VDU) عادة عن الصفر بالرمز ϕ والحرف الإنجليزي (oh) بالرمز 0 .

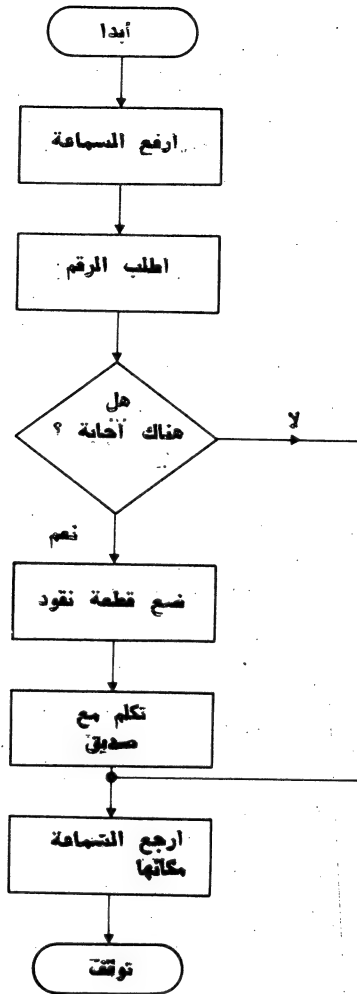
مثال ١٢ - ١ :

ارسم خريطة سير عمليات لثال يوى للاتصال بصديق هاتفياً ، مع فرض أن المكالمات ستم من هاتف عموى وأنه لا يمكن تنفيذ أكثر من عملية واحدة آنياً .

الحل موضح فى شكل ١٢ - ٢

مثال ١٢ - ٢ :

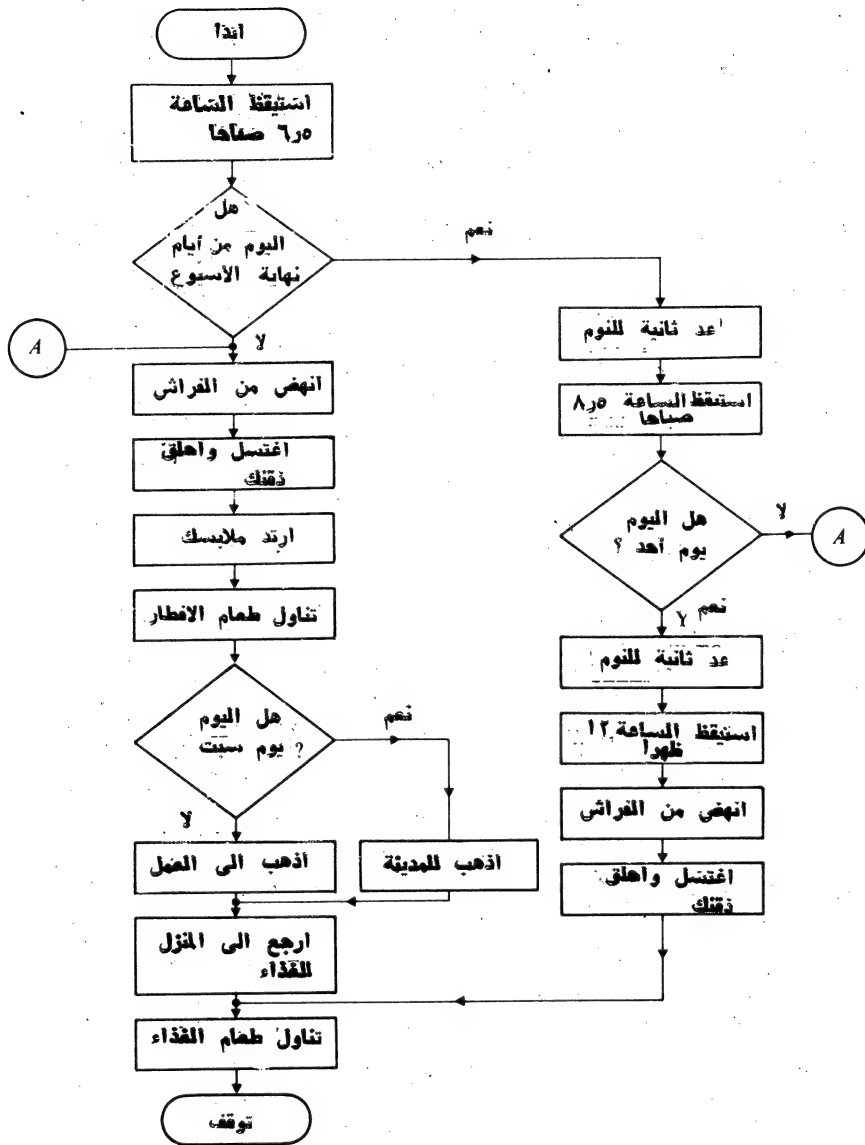
ارسم خريطة سير العمليات « للاستيقاظ فى الصباح »
يوضح شكل ١٢ - ٣ الحل ويلاحظ فيه أن هناك تغييرات كثيرة محتملة . الشيء الهام الواجب ملاحظته أنه لا يجب أخذ الأشياء اعتبارياً أى يجب أن لا نفرض أى شيء .



شكل ١٢ - ٢ خط سير العمليات للاتصال بصديق هاتفياً

١٢ - ٣ الرموز الحسابية

رغم أن خريطة العمليات السابقتين تمثلان مهمتين يوميتين بسيطتين ، إلا أنه في العديد من المسائل نحتاج لاستخدام عمليات حسابية . عادة يشار للأعداد المستخدمة في خرائط سير العمليات للبرنامج باسم المتغيرات حيث يمكن لقيمتها أن تتغير . هذه المتغيرات - كما في الجبر - يمكن أن يرمز لها بحرف أو مجموعة من الحروف كشال b, a, y, x ، A, N, NUM, ANS, \dots الخ . يحتل كل متغير موضع تخزين في ذاكرة الحاسب ويعطى قيمة أثناء تسلسل الأوامر المحددة في خريطة سير العمليات . تمثل عملية إعطاء القيمة للمتغير بأحد الرموز التالية :



شكل ١٢ - ٣ خريطة سير العمليات للاستيقاظ في الصباح

على سبيل المثال تعبر الجملة الجبرية $P=Q$ عن إعطاء موضع التخزين P القيمة المخزنة في موضع التخزين Q وتكتب أحياناً أخرى هذه الجملة الجبرية في صورة $P \leftarrow Q$.

١٢ - ٤ الجمل الحسابية

عندما تتضمن العمليات الحسابية استعمال متغيرات فإننا نكون الجملة الحسابية في صورة :

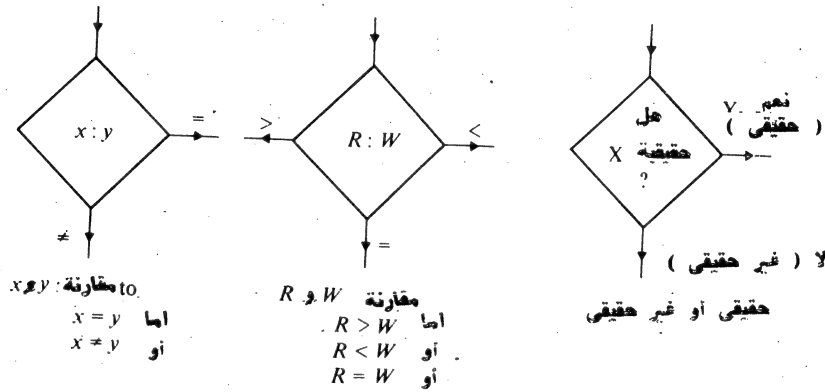
متغير = تعبير حسابي

حيث يتكون التعبير الحسابي من تركيبة من المتغيرات والعمليات الحسابية العادية . ومن أمثلة ذلك $y = y + 1$ ،

$$x = (-b + \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a \quad , \quad x = y + z / a$$

تحدد عموماً درجة تعقيد الجمل المسموح بها حسب لغة البرمجة المستخدمة .

يتم اتخاذ القرارات كلها بالمقارنات ، أو العمليات المنطقية أو العلاقات الحسابية . يوضح شكل ١٢ - ٤ بعض الرموز الأساسية لعمليات اتخاذ القرارات .



شكل ١٢ - ٤ رموز القرار

١٢ - ٥ الدوران

الدوران هي عملية تمكنا من تكرار استعمال جزء من البرنامج . ويجب عند استخدام أساليب الدوران في البرنامج التأكد من إمكانية الخروج من حلقة الدوران . ويمكن تحقيق ذلك بطريقتين :

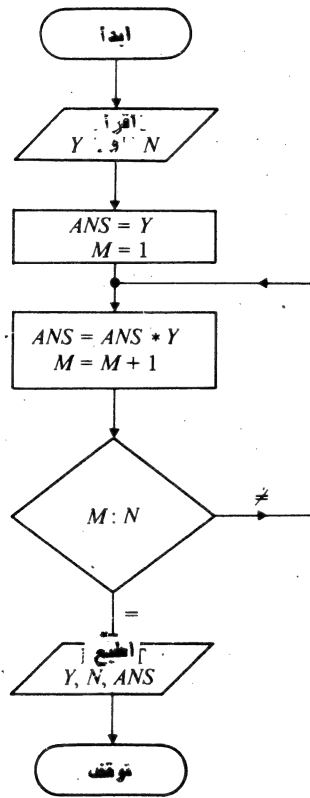
(أ) عند معرفتنا بكمية البيانات المطلوب تشغيلها - أي عند تحديدنا كم مرة ستدور في الحلقة خلال عملية الدوران - يمكننا إضافة «عداد» يزداد واحد كل مرة تدور في الحلقة. بذلك عندما يصل العداد لعدد محدد مسبقاً تخرج من حلقة الدوران لاستكمال باقي البرنامج .

(ب) عند تشغيل كمية غير محددة مسبقاً من البيانات ، نضيف عنصر بيانات واحد (أي بطاقة بيانات واحدة) بعد كل بيانات البرنامج . تحتوى هذه البطاقة على شفرة يفهمها البرنامج فثلاً يكتب في هذه البطاقة 1 - أو * * * *

وتسمى القيمة الشاذة ويبحث البرنامج عن هذه القيمة الشاذة كلما قرأ بيانات أثناء الدوران في حلقة . فإذا وجد البرنامج القيمة الشاذة في أى عملية قراءة يخرج من الحلقة ويتابع استكمال باقى البرنامج .

مثال ١٢ - ٣ :

ارسم خريطة سير عمليات لرفع Y إلى الأس N ، حيث N عدد صحيح .
الحل موضح بشكل ١٢ - ٥ حيث يستعمل عداد وعندما تكون $M = N$ نخرج من الحلقة .



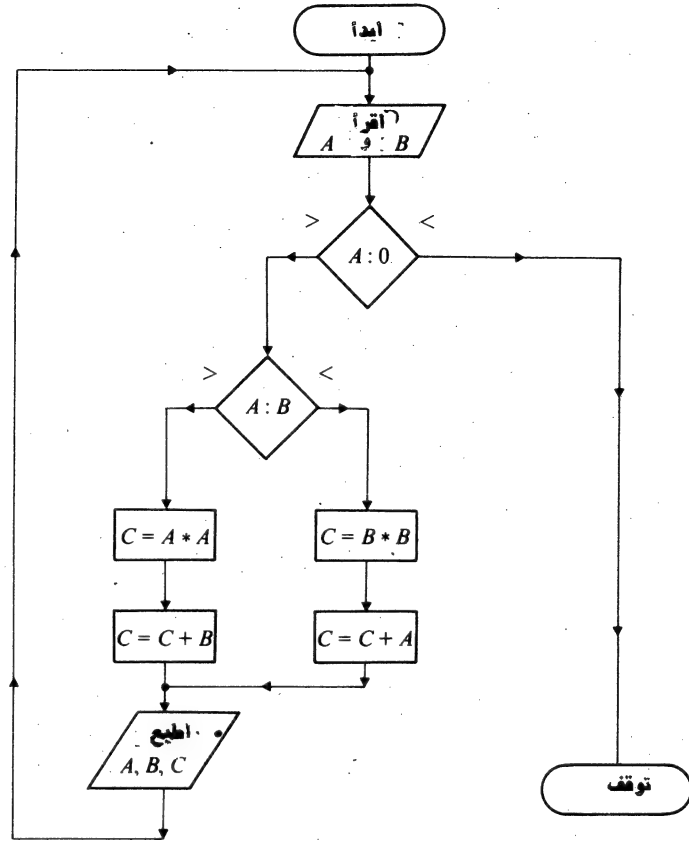
شكل ١٢ - ٥ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ - ٣

مثال ١٢ - ٤ :

ارسم خريطة سير العمليات لحل المشكلة الآتية : معطى رقمان مختلفان A و B كون الرقم C بحيث يكون مجموع مربع الرقم الأكبر منهما مع الرقم الآخر .

افرض أن كل الأعداد موجبة وأن هناك كمية غير معروفة من البيانات .

الحل موضح في شكل ١٢ - ٦ حيث استعملنا القيمة الشاذة ١ - ٠ .



شكل ١٢ - ٦ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ - ٤

مثال ١٢ - ٥ :

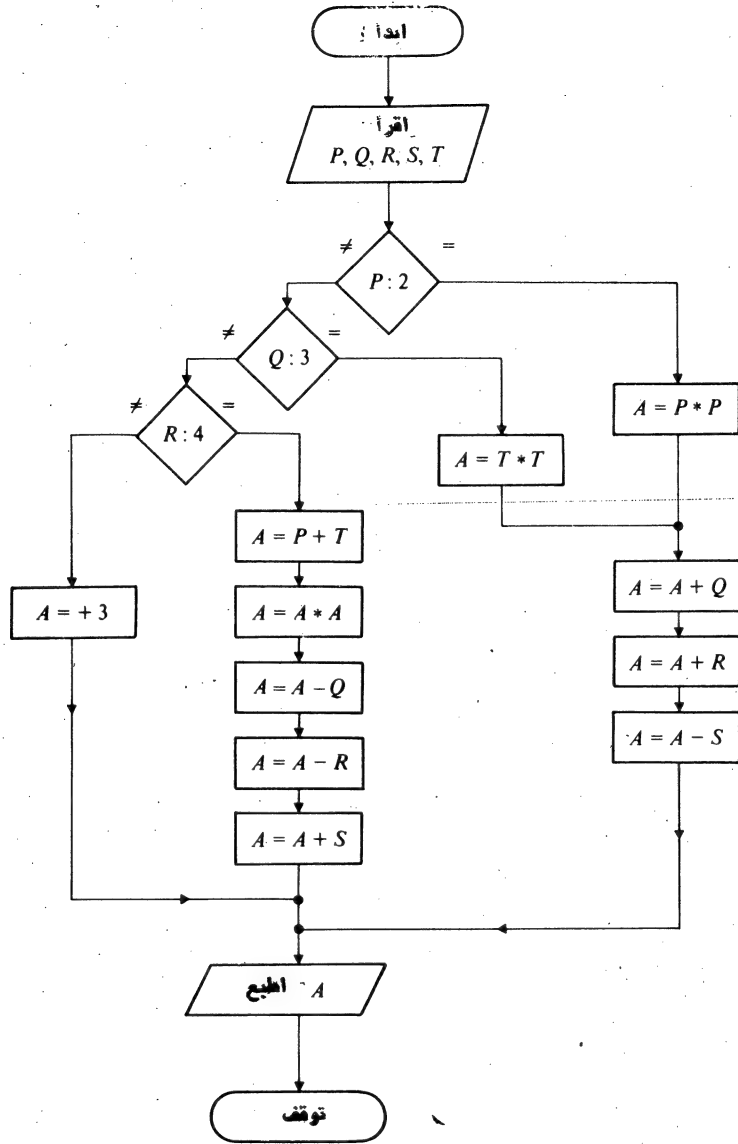
ارسم خريطة سير عمليات حل المشكلة التالية : معطى بيانات عن P و Q و R و S و T ومطلوب حساب A بحيث نراعى الشروط التالية :

إذا كانت $P = 2$ فإن $A = P^2 + Q + R - S$

إذا كانت $P \neq 2$, $Q = 3$ فإن $A = T^2 + Q + R - S$

إذا كانت $P \neq 2$ و $Q \neq 3$ و $R = 4$ فإن $A = (P + T)^2 - Q - R + S$ فيما عدا ذلك فإن $A = +3$.

في هذه الحالة سنفترض أن هناك مجموعة واحدة من البيانات فقط . يبين شكل ١٢ - ٧ الحل بفرض أنه لا يمكن تنفيذ أكثر من عملية واحدة آنياً .

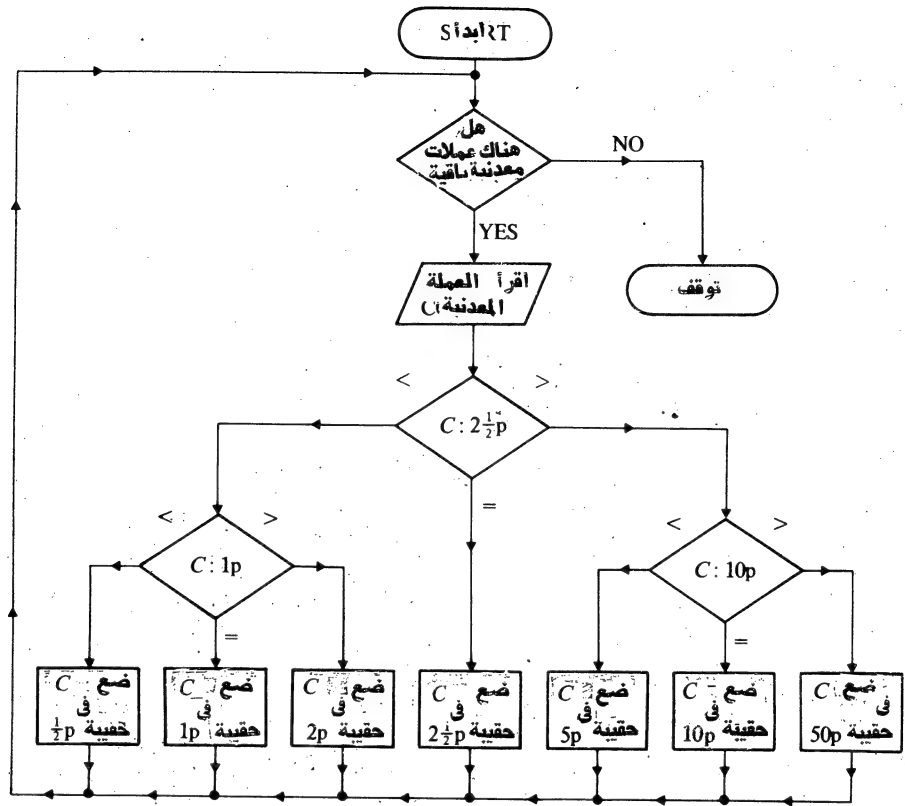


شكل ١٢ - ٧ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ - ٥

مثال ١٢ - ٦ :

ارسم خريطة سير عمليات مناسبة لمهمة فرز عملات عشرية إنجائزية معدنية ووضعها في حقائب منفصلة .

الحل موضح في شكل ١٢ - ٨

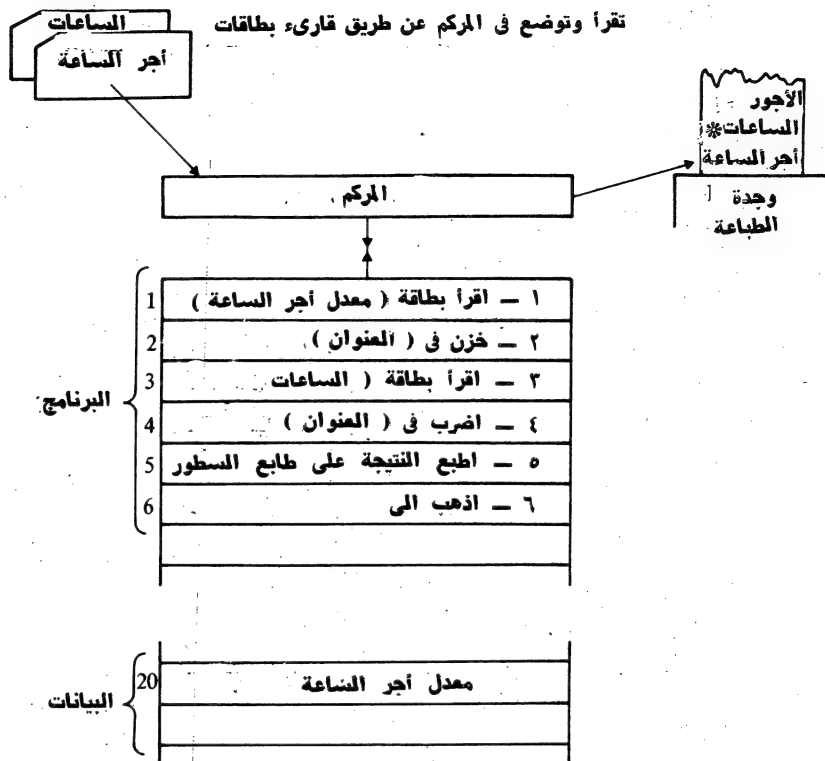


شكل ١٢ - ٨ خريطة سير العمليات لمثال ١٢ - ٦

١٢ - ٦ برنامج بسيط

يتكون البرنامج من سلسلة من الأوامر المحددة بدقة للجهاز الحاسب ، تبعاً هذه الأوامر في مجموعة من « الفجوات المتتالية » تسمى العناوين (وهي مواضع الكلمات أو مجموعة من البايت) في ذاكرة الحاسب . يمر مسجل التحكم في تسلسل على هذه الأوامر بالترتيب ويسبب بذلك تنفيذ الحاسب لها - يتم تنفيذ العمليات الحسابية في وحدة الحساب وتظهر نتائج هذه العمليات في مسجل خاص يعرف بالمركم . عموماً فإن تحركات البيانات في الحاسب ومن وإلى الحاسب تتم عبر المركم .

يوضح شكل ٩ - ١٢ مثالا بسيطاً وشائعاً لحساب الأجور ، مفترض في هذا المثال أن بيانات كل شخص مكتوبة بالشفرة على بطاقتين ، على البطاقة الأولى أجر الساعة لهذا العمل وعلى الثانية عدد الساعات التي عملها الشخص . يجب ملاحظة احتياج عمليات التشغيل لمجموعة أخرى من الأوامر التي تشير إلى أن إدخال البيانات سيكون عن طريق بطاقات مثقبة ومن ثم مطلوب جهاز قراءة بطاقات وأن عمليات إخراج النتائج ستكون على ورق مطبوع بواسطة طابع سطور . يجب رعاة أن تكون هناك أوامر لإيقاف البرنامج أي بتضمين عداد كما قدمنا سابقاً في خريطة سير العمليات .



شكل ١٢ - ٩ برنامج بسيط لحساب الأجور

١٢ - ٧ مفاهيم المحتويات الفكرية للحاسب

في أى نظام للحاسب توفر المحتويات الفكرية وسيط بين العامل المشتغل البشرى والجهاز ، وتنتج في النهاية سلسلة من الأوامر في شكل مقبول من الجهاز الحاسب . لقد رأينا (في الفصل ٢) مثالا للمصاعب التى يواجهها البشر لتحقيق ذلك - حتى إذا كانت البيانات مقدمة في الأساس الثنائى أو الثماني أو السداسى عشر فإن البشر يعانون بعض الشيء من صعوبة قراءة وفهم هذه الأنماط الشفرية .

لقد أقيمت عدة مستويات من البرمجة بواسطة مرحلة أو أكثر بين المبرمج والشفرة المقبولة من الجهاز ، هذه المستويات هى : شفرة الجهاز ، ولغة التجميع ، واللغة المتطورة .

يتكون البرنامج المكتوب بشفرة الجهاز من قائمة من الأوامر بشكل ثنائى تحمل في ذاكرة الحاسب ويقوم الحاسب بتنفيذها مباشرة .

لذا فن الضرورى تحديد العدد الممثل للعنوان لكل كلمة (بايت) في الذاكرة سواء كانت تمثل أمراً أو بيانات .

مثال نمطى لذلك هو أمر « أجمع » محتويات موضع التخزين 510_{10} (ثنائى 110010) على محتويات المرمك مع ترك محتويات موضع التخزين 510_{10} بدون تغيير .

فى هذه الحالة العملية المطلوب تنفيذها هى الجمع (ADD) ، وعنوان البيانات التى سوف تجمع هو 510_{10} أو 110010_2 . لنفرض أيضاً أن شفرة عملية الجمع (ADD) هى 01 وأن طول الكلمة هو 8 مواضع ثنائية ، فإن هذا الأمر سىظهر فى المخزن كما يلى :

العنوان :	المعامل :
110010	0 1

مثال ١٢ - ٧ :

اكتب برنامجاً مستخدماً لغة الجهاز البسيطة المكتوبة فى الجدول المبين لحل المسألة التالية :

$$Q = P.U + \frac{Q.V}{R} - S.W$$

مفتاح شفرة الجهاز :

رقم شفرة العملية	الرمز	الأمر	المعنى ing
01	CAD	اجعل المحتويات صفراً و اجمع	اجعل محتويات الجزء الحسابى صفراً ثم اجمع موضع التخزين على المرمك
02	ADD	اجمع	اجمع موضع التخزين على المرمك
03	STR	خزن	خزن المرمك فى موضع التخزين
04	SUB	اطرح	اطرح موضع التخزين من المرمك
05	MUL	اضرب	اضرب المرمك فى موضع التخزين
06	DIV	اقسم	اقسم المرمك على موضع التخزين
07	PRT	اطبع	اطبع المرمك
08	START	ابدأ تشغيل الحاسب	ابدأ تشغيل الحاسب ، احصل على عنوان أول امر من عنوان العملية
09	STOP	أوقف تشغيل الحاسب	أوقف الحاسب فوراً

افترض أن قيم المتغيرات مخزنة فى مواضع التخزين المبينة :

- P فى موضع التخزين 100
- Q فى موضع التخزين 101
- R فى موضع التخزين 102
- S فى موضع التخزين 103
- U فى موضع التخزين 200
- V فى موضع التخزين 201
- W فى موضع التخزين 202

بفرض أن طول كلمة الأمر هو ثمانية أرقام ثنائية فإن البرنامج (مع الشرح) موضح فيما يلي :

الرمز	عنوان الأمر	الأمر	محتويات المرمز
START	000	08000001	0
CAD	001	01000200	U
MUL	002	05000100	P.U.
STR	003	03000300	P.U.
CAD	004	01000201	V
MUL	005	05000101	Q.V
DIV	006	06000102	Q.V/R
STR	007	03000301	Q.V/R
CAD	008	01000202	W
MUL	009	05000103	S.W
STR	010	03000302	S.W
CAD	011	01000300	P.U.
ADD	012	02000301	P.U+Q.V/R
SUB	013	04000302	P.U+Q.V/R-S.W
PRT	014	07000000	P.U+Q.V/R-S.W
STØP	015	09000000	

من الواضح أن كتابة برامج مشفرة للجهاز هي عملية مضمّنة حقاً . بالإضافة إلى ذلك فإن هذا النوع من البرامج يأخذ وقتاً طويلاً لكتابته ومن الصعب تعديله . لكنه مع ذلك يمكن اعتبار استخدام شفرة الجهاز مناسباً جداً للأنظمة الصغيرة المتخصصة ، مثلاً عند استخدام الحاسب الدقيق للتحكم المباشر في العمليات الصناعية . في هذه الحالة يمكن تخزين أوامر البرنامج (المكونات الفكرية) في ذاكرة يمكن قراءتها فقط (ROM) أو ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها (PROM) أو ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن كتابتها ومسح محتوياتها (EPROM) وتكون البيانات التي سيتم تشغيلها بواسطة الحاسب هي القياسات المسجلة من العملية الصناعية بعد تحويلها من شكل تناظري إلى شكل رقمي وتغذى مباشرة للحاسب الدقيق . هذه الطريقة توفر نظاماً رخيصاً نسبياً حيث لا توجد حاجة إلى أجهزة مساعدة إضافية للحاسب .

البرنامج المجمع هو برنامج خاص يسمح بكتابة الأوامر بشكل ADD 50 أو SUB TAX وتم ترجمة الأوامر آلياً إلى شفرة الجهاز ويترجم كل رمز إلى أمر شفرى واحد للجهاز . ورغم أن هذه البرامج تستغرق وقتاً طويلاً في كتابتها باستعمال « لغة بدائية » نسبياً إلا أنها تنتج برامج ذات كفاءة عالية من حيث التخزين والوقت المستهلك في التنفيذ .

فيما يلي قائمة بالأوامر الأساسية المنطقية لرموز لغة التجميع حيث يكون فيها :

(A) تعني محتويات المرمز

(n) تعني محتويات موضع التخزين n

(N) تبين رقماً صحيحاً (يفترض أنه موجب بين صفر و 999) .

الامر	المعملية	التعليق
LDA n	$(n) \rightarrow A$	(n) لا يتغير
STA n	$(A) \rightarrow n$	(A) لا يتغير
ADD n	$(A) + (n) \rightarrow A$	(n) لا يتغير
SUB n	$(A) - (n) \rightarrow A$	(n) لا يتغير
MLT n	$(A) * (n) \rightarrow A$	(n) لا يتغير
DIV n	$(A) / (n) \rightarrow A$	(n) لا يتغير
LDAN	$N \rightarrow A$	هذه الأوامر تتعامل
ADDN	$(A) + (N) \rightarrow A$	مباشرة مع الأرقام
SUBN	$(A) - (N) \rightarrow A$	الصحيحة الموجبة
MLTN	$(A) * (N) \rightarrow A$	وليس مع مواضع
DIVN	$(A) / (N) \rightarrow A$	التخزين .

مثال ١٢ - ٨ :

باستخدام الأوامر المعطاة سابقاً ، أكتب الأوامر الضرورية لتنفيذ الآتي :

افترض أن X مخزنة في الموضع 12 احسب قيمة 40 . $(x + 3)$ وخزن النتيجة في الموضع 12 .

الحل :

```
LDA 12
ADDN 3
MLTN 40
STA 12
```

مثال ١٢ - ٩ :

اكتب الأوامر لتنفيذ العمليات التالية :

اجمع الرقين المخزنين في الموضعين 25 و 26 وخزن النتيجة في الموضع 25 وضع أصفاراً في الموضع 26 .

الحل :

```
LDA 25
ADD 26
STA 25
LDAN 0
STA 26
```

تحتوى معظم لغات التجميع على أوامر أكثر مما قدمناه سابقاً مثل أمر « القفز » أو « التعديل » أو « الدالة » التي تسمح بتنفيذ عمليات أكثر تعقيداً استجابة لأوامر (رموز) أسهل في الكتابة نسبياً . إحدى لغات التجميع الأكثر انتشاراً هي شفرة ASCII (اختصاراً للشفرة المعيارية الأمريكية لتبادل المعلومات) وتنطق في العادة كما يلي (ASK - EE) * .

تكون اللغات المتطورة مستقلة تماماً عن الجهاز الحاسب ، وهي أسهل في التعلم نسبياً وتسمح للمبرمج بالتركيز على المشكلة المطلوب برمجتها . يوجد نوعان من اللغات المتطورة ، المفسرة مثل لغة الباسيك (اختصار شفرة الأوامر الرمزية المتعددة الأغراض للمبتدئين) والتي يشار لها عادة كلغة تخاطبية فيها يكون شكل الأوامر والجمل بأسلوب

(*) المترجم لا يتفق مع المؤلف في هذا فشفرة ASCII لا تعتبر لغة تجميع .

أثرب إلى الطريقة التي يستعملها الإنسان . هذا النوع من اللغات تم ترجمته إلى شفرة الجهاز باستخدام مفسر . أما النوع الثاني من اللغات المتطورة فيتم تحويله إلى لغة تجميع باستخدام مترجم قبل الترجمة النهائية من لغة التجميع إلى شفرة الجهاز . المترجم هو برنامج يحتوى على قائمة بالجمل المستخدمة في لغة موجهة لحل المسألة ، ولكل من هذه الجمل توجد قائمة من الأوامر المشفرة للجهاز لتنفيذ هذه الجملة . بتشغيل البرنامج الأصلي (برنامج المنبع) مع البرنامج المترجم ينتج برنامج مشفر بشفرة الجهاز وهذا الأخير يتم تشغيله على البيانات . أثناء الترجمة كلما قرئت جملة من جمل البرنامج الأصلي (المنبع) يمر على أجزائها البرنامج المترجم للبحث عن أى أخطاء في تركيبها ويعطى أوامر طباعة لإخراج هذه الأخطاء - رسائل الأخطاء هذه تسمح بتشخيص الأعطال وهي ذات فائدة عظيمة في إزالة الأخطاء (اكتشاف الأخطاء في البرنامج وتصحيحها) . لن تكتشف في هذه العملية الأخطاء المنطقية ، ولكن يستخرج الحاسب الجمل التي لا يمكنه التعرف عليها في صورة أوامر .

ظهرت كثير من اللغات المتطورة منها ما يلي :

FORTRAN اختصار معناه ترجمة الصيغ العلمية (فورتران)

FORmula TRANslation

COBOL اختصار لغة موجهة للأعمال التجارية الشائعة (كوبول)

Common Business Oriental Language

ALGOL لغة الجورثمية (ألجول) **ALGO rithmic Language**

CORAL اختصار معناه لغة للتطبيقات المشغلة لحظياً ومباشرة على الحاسب (كورال)

Computer On-line Real-time Application Language

وتمثل هذه اللغة تطويراً للغة ألجول (ALGOL) . وقد بنيت لغة CORAL 66 أصلاً للمشروعات العسكرية بواسطة PRE, Malvern ولكن تم استخدامها منذ ذلك الحين في تطبيقات أخرى مثل حجز تذاكر الطائرات ونظم عرض البيانات في مكاتب البريد .

١٢ - تجهيز البرنامج :

لقد ناقشنا باختصار مبادئ خرائط سير العمليات وبذلك تمكنا من تجزئة المشكلة بحيث يمكننا كتابة برنامج وتقديمه للجهاز . عندما يكون العمل المطلوب من الجهاز بسيطاً نسبياً ومكتوباً بشفرة الجهاز نستطيع كتابة البرنامج وإدخاله للجهاز ، أمر بأمر وذلك بضبط مفاتيح على اللوحة الأمامية للجهاز . هذه العملية تكون مفيدة في مراحل تطوير وتنفيذ جهاز حاسب دقيق اختباري إلا أنه يصبح عملاً مضيئاً وصعباً لأى شيء غير البرامج البسيطة .

لذلك تم كتابة البرامج بخط اليد على صحيفة بيانات البرنامج ثم تثقب على شريط ورقى أو على بطاقات ورقية للقراءة في فترة تالية باستعمال الجهاز المساعد المناسب ، أو يمكن كتابة البرنامج باستخدام آلة كاتبة للرسائل والاستقبال عن بعد (TTY) أو لوحة أزرار للعرض (KDU) أو وحدة عرض مرئية (VDU) .

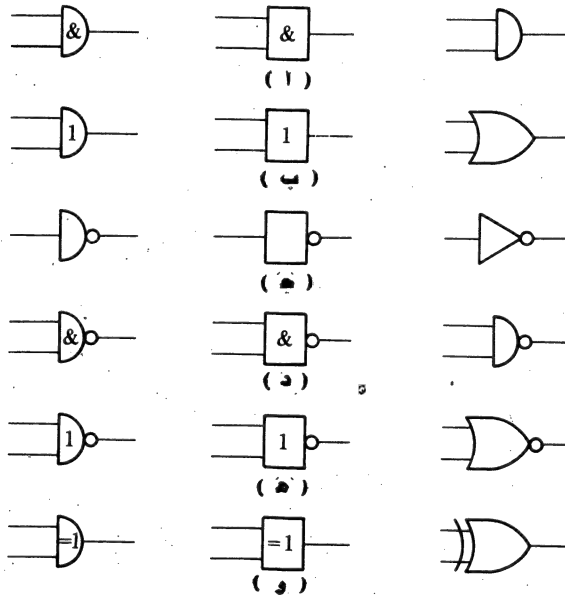
تعتبر وحدة العرض المرئي (VDU) من النهايات الطرفية المفيدة للغاية لأنها تسمح لمشغل الجهاز بالكتابة للحاسب عن طريق لوحة أزرار شبيهة بالآلة الكاتبة وتعطى النتائج على شاشة عرض تشبه شاشة التلفزيون . لذلك يمكن كتابة وحل البرامج بسرعة كبيرة . العيب الرئيسى لهذه الوحدة (VDU) هو عدم القدرة على الحصول على نسخة مطبوعة من البرنامج .

الملاحق

(١) الرموز المنطقية

استخدمت نظم مختلفة للرموز في رسوم الأجهزة والمطبوعات في العالم . كانت الرموز المعيارية البريطانية تستخدم دوائر كرموز لجميع البوابات الأساسية وتستخدم خطأ عمودياً مرسوماً عبر اتجاه سير الإشارات كرمز لعملية النفي . في عام ١٩٦٩ تم تعديل الرموز المنطقية المعيارية البريطانية (BS 39 39) الجزء (21) بحيث أصبحت الرموز على شكل حرف D الإنجليزي وانتشر استخدام هذه الرموز وبخاصة في مجالات التعليم . وفي يوليو ١٩٧٧ تم تعديل هذه المعايير مرة أخرى وأشارت التوصيات لاستخدام رموز على هيئة مستطيلات .

لكن بسبب التقدم الملحوظ الذي أحرزته الولايات المتحدة الأمريكية في مجالات الأجهزة وأجزائها والتطبيقات المختلفة فإن المعايير القياسية العسكرية الأمريكية أصبحت أكثر المعايير القياسية انتشاراً في العالم اليوم . ومن المتوقع



شكل (١) - ١ مقارنة بين المعايير البريطانية والأمريكية للرموز المنطقية (أ) دالة « و » (AND) (ب) دالة « أو » (OR) (ج) دالة نفي (NOT) (د) دالة نفي « و » (NAND) (هـ) دالة نفي « أو » (NOR) (و) دالة نفي « أو » المنفردة (Exclusive-OR)

استمرار هذا الاتجاه لحين تطوير والاتفاق على معايير أوروبية مما سترتب عليه وجود عدة معايير مختلفة للرموز المنطقية في السنوات المقبلة . يوضح شكل (أ) - ١ مقارنة بين عدد من الرموز الشائعة الاستخدام .

(ب) توصيلات أطراف الدوائر المتكاملة من نوع TTL سلسلة رقم 74 والشائعة الاستخدام

يوضح شكل (ب) - ١ توصيلات أطراف مجموعة من الدوائر المتكاملة من نوع TTL سلسلة رقم 74 . يلاحظ أن توصيلات الأرجل ترسم دائماً كأنها ننظر لها من أعلى ونلاحظ أيضاً أن هذه الرسوم التخطيطية لا تحتوي على جميع الدوائر الموجودة في السلسلة رقم 74 ويمكن الحصول على قائمة كاملة لها من المصنعين أو الموزعين لهذه الدوائر . يوجد الآن اتفاق بين مصنعي الدوائر على أرقام الدوائر بحيث قاربت أن تكون معايير قياسية لكننا ننصح بالتأكد من هذه البيانات من مصنعي الدوائر إذا كان هناك أى شك في الأرقام .

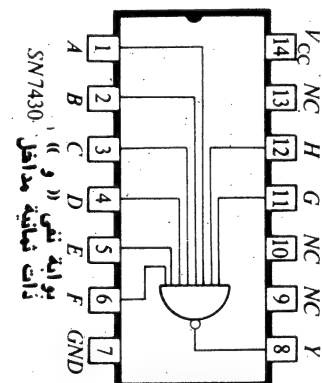
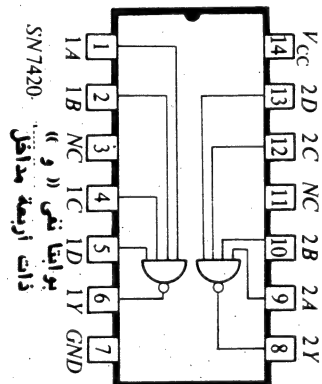
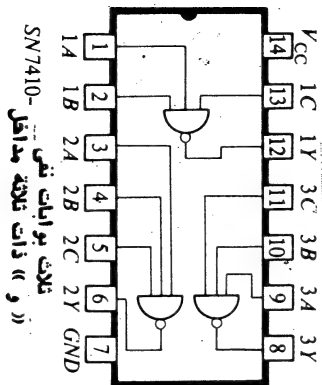
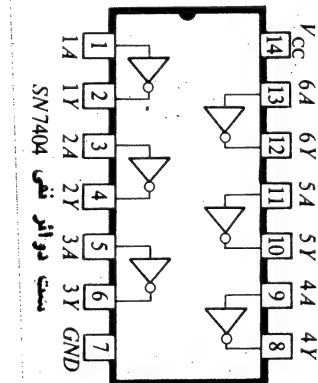
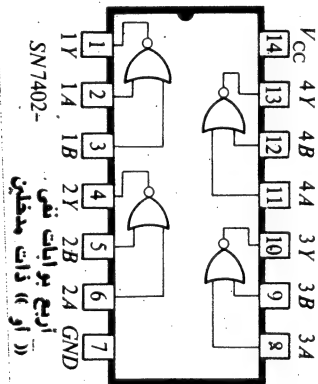
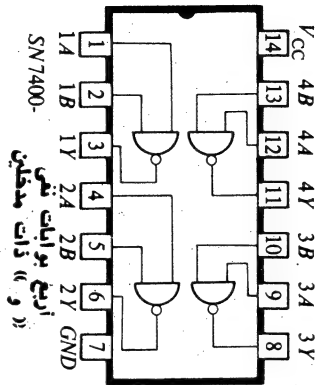
يوجد نوع من الاختصارات الشائعة لوصف وظائف أرجل الدوائر ونورد بعضاً منها فيما يلي مع معنى كل اختصار :

NC	غير متصل بشيء
LT	نقطة اختبار بمصباح
CK	ساعة
RBI	مدخل منع التوجات
RBO	خرج يمنع التوجات
R ₀	اضبط على صفر
R ₉	اضبط على 9
G	ممكن
PR	ضبط على إشارة مبدئية
CLR	ضبط الدائرة في الحالة المبدئية
Σ	مجموع

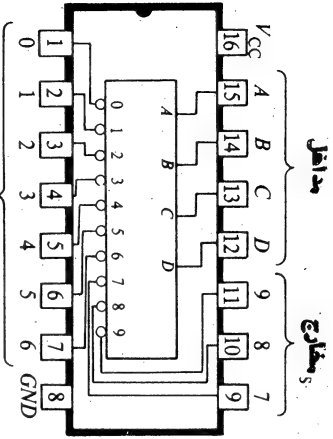
عند استخدام بوابات منطقية يجب عدم ترك أى أطراف إدخال بدون توصيلها بجهود كهربية محددة « إشارات منطقية » فثلاً يجب توصيل أطراف الإدخال غير المستعملة لبوابات نفي « و » (NAND) بالإشارة المنطقية "1" « وتوصيل الأطراف غير المستعملة لبوابات نفي « أو » (NOR) بالإشارة المنطقية "0" . يمكن أيضاً توصيل الأطراف غير المستعملة على أى إشارة داخلية على أى طرف إدخال مستعمل . يجب أيضاً عدم توصيل خرج البوابات المختلفة مباشرة ولكن يجب توصيلها باستخدام بوابة بينها .

في معظم النماذج من نوع TTL يتم استخدام إشارة تمكين للمداخل باستخدام الإشارة المنطقية "1" لكن في بعض الحالات مثل مداخل PRESET و CLEAR للبوابات القلابة يمكن أن تستخدم الإشارة المنطقية "0" لتمكين الدائرة من العمل . هذه الحالات المختلفة يمكن ملاحظتها بالنظر مباشرة لتوصيلات الأرجل كما هو موضح في شكل ب - ٢ (ب) .

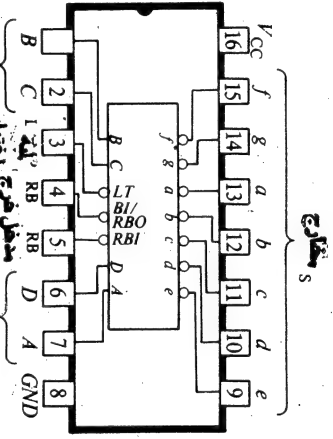
يمكننا تمييز مداخل الساعة دائماً برسم رأس سهم كما هو مبين في شكل ب - ٢ (أ) وذلك عندما تكون الدائرة تغير حالتها على الحافة الأولى لنبضة الساعة . أما إذا كانت النبضة تغير حالتها على الحافة المتأخرة لنبضة الساعة مثل الدوائر القلابة من نوع المتبوع - التابع فإننا نميزها كما هو موضح في شكل ب - ٢ (ج) .



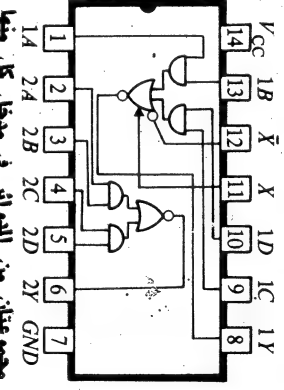
شكل ب - ١ توصيلات الأرجل للسلسلة 74 للووائر المتكاملة من نوع TTL.



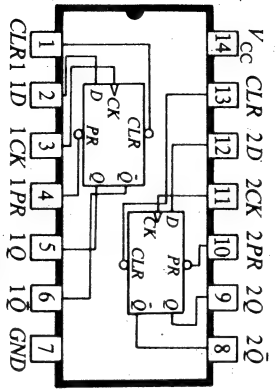
دائرة فك التشفير من النظام العشري SN7442



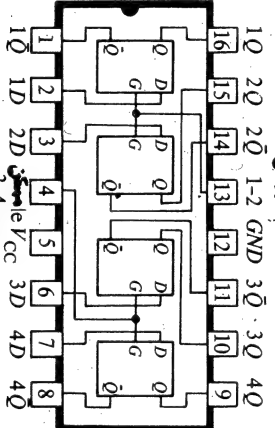
دائرة فك التشفير من النظام العشري الى سبع الشرائط تستخدم باعثة للضوء SN7447A



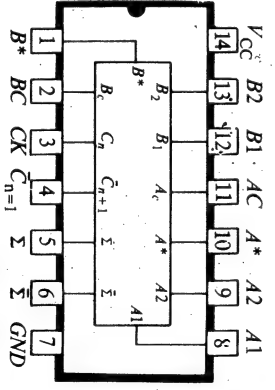
مجموعتان من الدوائر في مدخل كل منهما بوابتان وكل بوابة مدخلان ويتكون من بوابات ((و)) - ((او)) - ((عكس))



دارتوان تاليفان من نوع SN7474

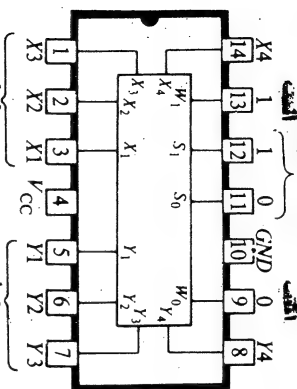


أربع مستطيلات SN7475

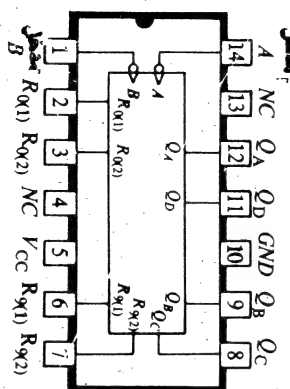


جانب كامل ذو بوابات SN7480

مقارن

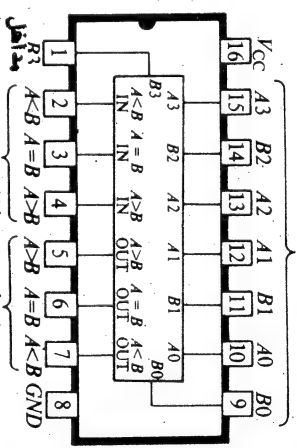


ذاكرة للرموز المشرواني ذات - SN7481
سعة تساوي ستة عشر رقما ثنائيا

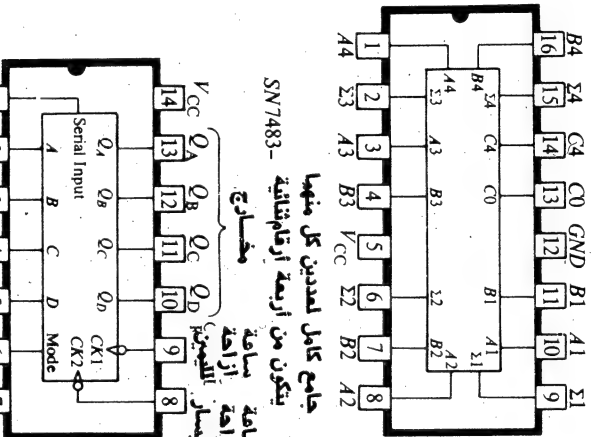


رعداد عشري - SN7490

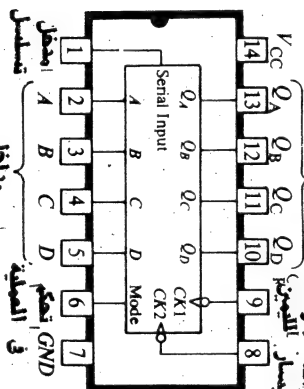
مداخل البيانات



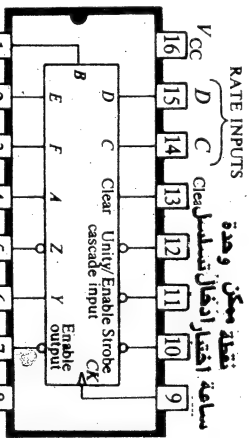
دائرة مقارن لاربعة ارقام ثنائية - SN7485



جاءت كامل لمحدد كل منها
يكون من اربعة ارقام ثنائية - SN7483

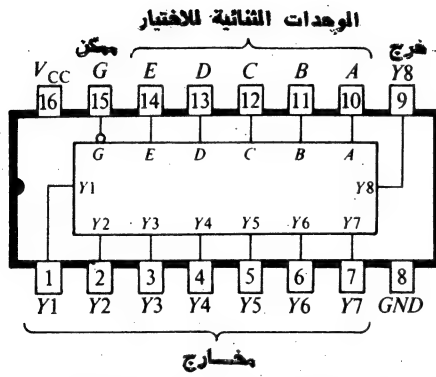


مسجل اربعة لاربعة ارقام ثنائية - SN7495

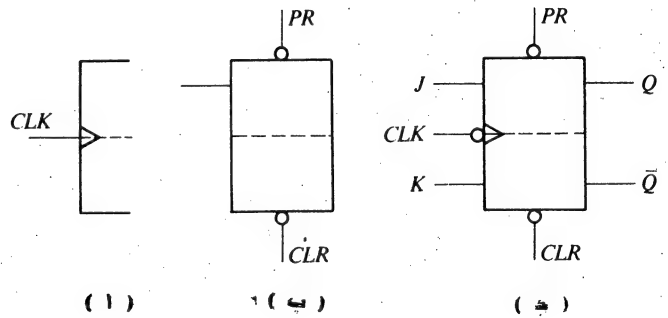


مضاعف المثل الثنائي - SN7497

شكل ب - ١ (تابع)



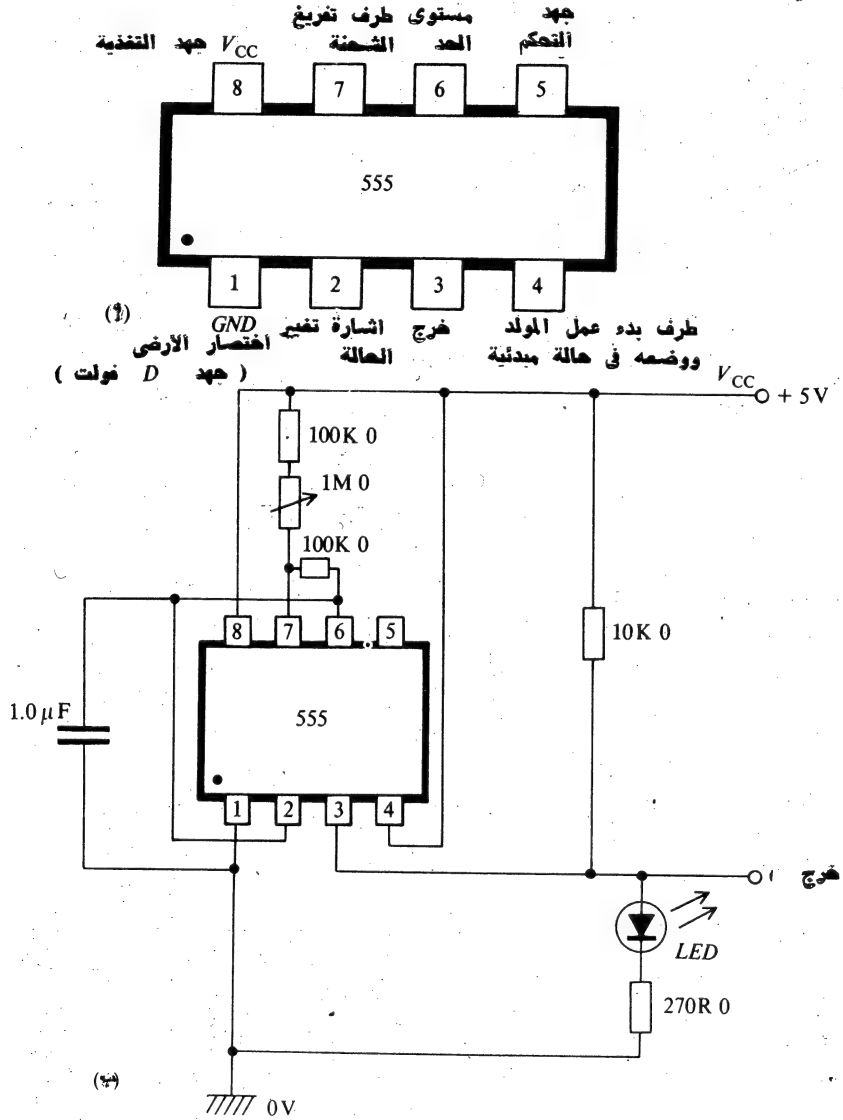
ذاكرة يمكن قرائتها فقط ويمكن
برمجتها ذات ٢٥٦ رقما ثنائيا
باستخدام وصلان يمكن صهرها



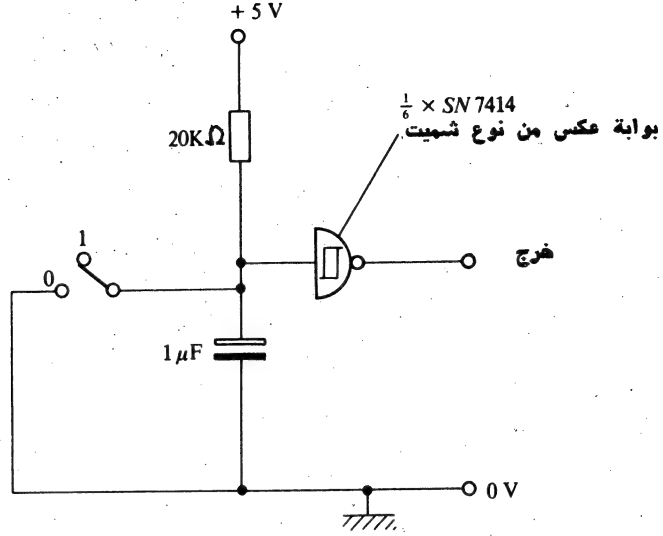
شكل ب - ٢ مداخل التمكين والساعة (أ) ، (ب) ، (ج) .

(ج) مولد النبضات رقم 555 ودوائر مفيدة أخرى :

(أ) مولد النبضات رقم 555 : إن دائرة التوقيت 555 تعتبر من الدوائر التي تتميز بدرجة عالية من الثبات وتستخدم للتحكم الدقيق في أزمنة التأخير أو توليد النبضات . يوضح شكل ج - ١ (أ) توصيلة أرجل هذا المولد عنا استخدام دائرة من نوع DIL . كذلك يوضح شكل ج - ١ (ب) دائرة لمولد نبضات قادر على توليد ترددات متغيرة (من 1 Hz وحتى 10 Hz تقريباً) حيث يمكن تغيير التردد عن طريق مقاومة متغيرة قيمتها $1\text{ M}\Omega$. يلاحظ أنه يمكن تغيير مدى الترددات المطلوبة بتغيير قيمة المكثف المستخدم .

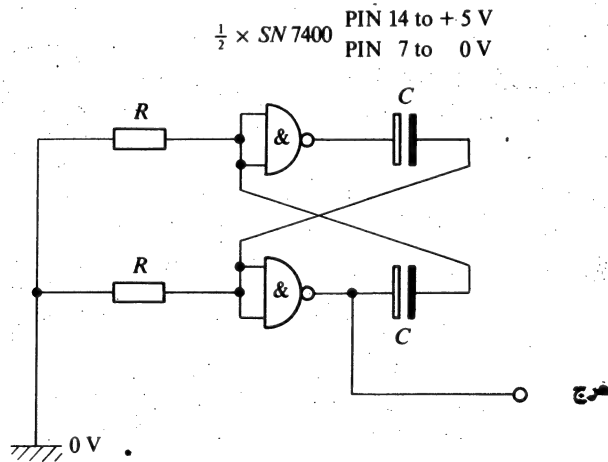


شكل ج-١ مولد نبضات رقم 555
(أ) توصيل أرجل دائرة التوقيت رقم 555 (ب) دائرة مولد النبضات

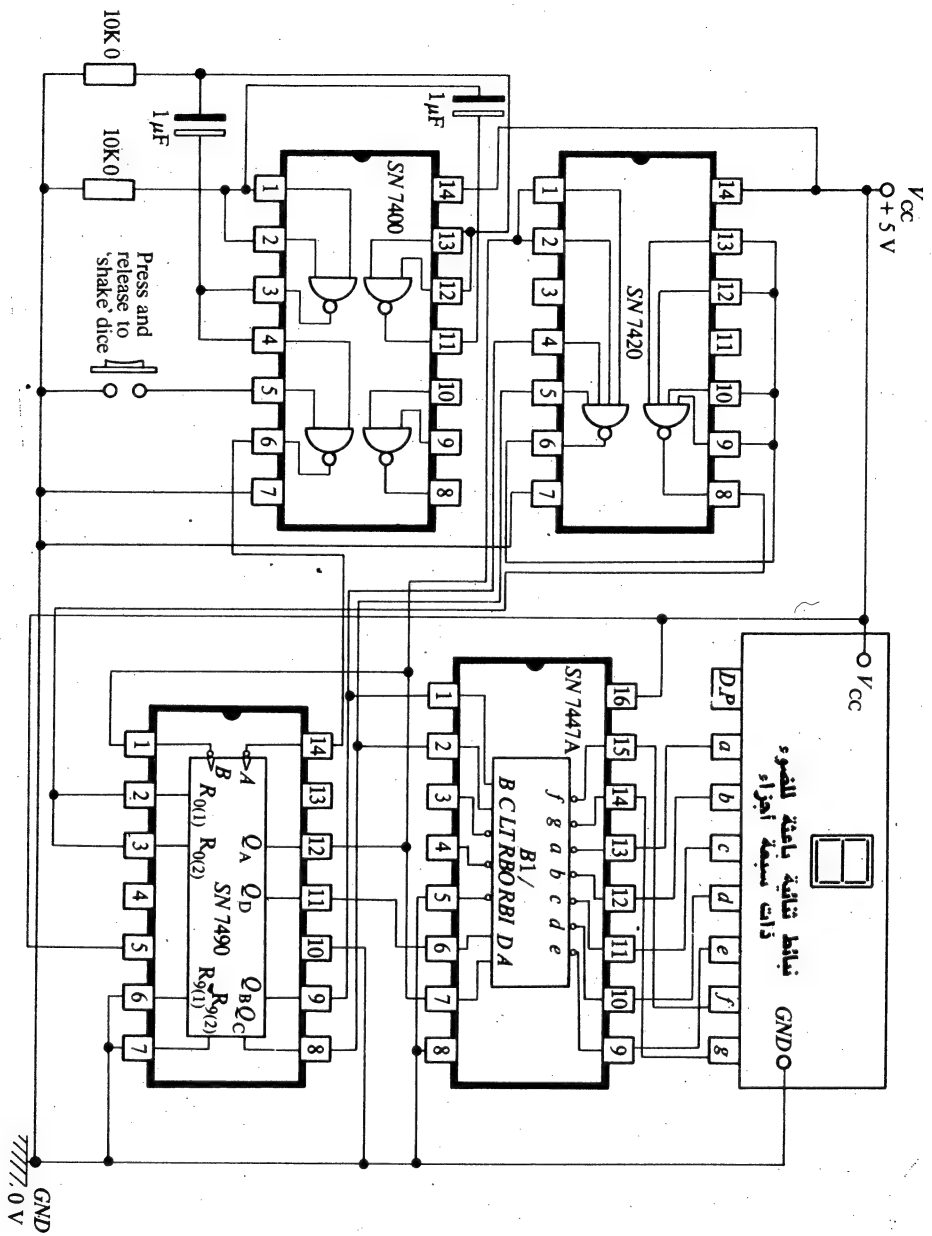


شكل ج - ٢ دائرة للتخلص من ذبذبات المفتاح

(ب) دائرة التخلص من ذبذبات المفتاح : عند استخدام مفاتيح ميكانيكية لإدخال الإشارات المنطقية للبوابات يحدث ما يسمى بذبذبة نقطة التلامس وذلك لأنه عند اقتراب نقط التوصيل من بعضها يحدث تذبذب في التوصيل بحيث يتم توصيل الإشارة ثم قطعها لعدة مرات . يسبب ذلك ظهور عدد من النبضات عند خرج المفتاح رغم احتياجنا لنبضة واحدة . هذه العملية تكون مقبولة إذا كان المقصود توصيل إشارة ثابتة القيمة والجهد على مداخل البوابات المنطقية . لكن إذا كان المقصود هو عد النبضات الخارجة مثلا فإن حدوث هذه الذبذبات بسبب حدوث أخطاء . في مثل هذه الحالات يجب أن نحصل على نبضات نظيفة ذات أحرف حادة .



شكل ج - ٣ متعدد النبضات غير المتزن .



شكل ٤ - دائرة فرد الألكترونات .

وفي هذه الحالات يجب استخدام مانع للذبذبات . يوضح شكل ج - ٢ مانعاً للذبذبات أثناء عملية التوصيل باستخدام دائرة عكس من نوع شيت .

(ج) متعدد النبضات غير المتزن : يوضح شكل ج - ٣ مولداً للنبضات رخيصاً وبسيطاً يمكن استخدامه كساعة وتوصيله على مداخل الساعة في الدوائر المتكاملة الرقمية . نستخدم في هذا المولد بوابتي نفي « و » ومتاومتين ومكثفين . لتوليد نبضات ذات تردد صغير نستعمل مكثف ($1000 \mu F - 470$) ومقاومة ($2K\Omega - 470R\Omega$) أما للترددات العالية فتستعمل القيم التالية ($1 \mu F - 220 \mu F$) و ($470R\Omega - 10K\Omega$) .

(و) نرد ألكتروني : توجد توصيلات كثيرة ممكنة لدائرة نرد ألكتروني باستخدام متعدد النبضات غير المتزن المبين أعلاه . يوضح شكل ج - ٤ طريقة بسيطة حيث يستخدم متعدد النبضات غير المتزن لتوليد نبضات مربعة ذات تردد يساوي $1K Hz$. نوصل نبضات هذه الساعة إلى دائرة رقم SN7490 والتي تعمل كعداد عشري عند توصيل مفتاح رج النرد المبين في الشكل ثم قطع التوصيل يمر عدد غير معروف من النبضات إلى العداد العشري . يلاحظ أن العداد العشري قد تم تغيير توصيلته بحيث يقوم بالعد من ١ إلى ٦ في دورة تتكرر باستمرار وذلك باستخدام دائرة فك شفرة بحيث تضعه في الحالة صفر بعد وصوله للرقم ٦ . وقد تم توصيل الرجل رقم 5 في الدائرة SN 7447A إلى جهد يساوي "0" فولت حتى يتم إلغاء ظهور الرقم صفر في الأعداد المعروضة كخرج للنرد .

المصطلحات العلمية (عربي - انجليزي)

(أ)

Parity check	اختبار التوافق
Odd parity	اختبار تطابق أحادي
Even parity	اختبار تطابق زوجي
Output	إخراج
Input	إدخال
Cylinder	أسطوانة
Function Mapping	إسقاط الدوال
ASCII	أسكي
American Standard Code for Information Interchange	
Flowcharting	إعداد خرائط سير العمليات
Insturction	أمر

(ب)

Byte	بايت
Software	برامج جاهزة وملحقة (بالحاسب)
Porgram	برنامج
Gate	بوابة
"OR" gate	بوابة « أو »
"Exclusive-OR" gate	بوابة « أو » المنفردة
NOT gate	بوابة نفي
NOR gate	بوابة نفي « أو »
NAND gate	بوابة نفي « و »
AND gate	بوابة « و »
BASIC	بيزيك

Storage
MOS transistor
FET

تخزين
ترانزستور من نوع MOS
ترانزستور تأثير المجال

(ج)

Full adder
Parallel adder
Serial adder
Bollean Algebra
Karnaugh Maps
Binary addition
Arthmetic statement

جامع تام
جامع على التوازي
جامع على التوالي
جبر بولي
جداول كارنوف
جمع في الحاسب الثنائي
جملة حسابية

(ح)

Buffer
Microcomputer
Digital computer
Minicomputer
Depletion mode
Enhancement mode
Pinch-off region
Noise margins

حاجز وسيط مرحلي
حاسب دقيق
حاسب رقمي
حاسب صغير
حالة الاستنفاد
حالة التعزيز
حالة القرص
حدود الضوضاء

(د)

Flip flop
Clocked Flip Flop
Integrated Circuit (IC)
Transistor transistor logic circuits (TTL)
Looping
Regenerative cycle
Refresh cycle
Read cycle
Write cycle

دائرة قلابية
دائرة قلابية متزامنة
دائرة متكاملة
دوائر منطق TTL
دوران
دورة إعادة كتابة
دورة تجديد
دورة قراءة
دورة كتابة

(٣)

Static memory	ذاكرة استاتيكية
Computer memory	ذاكرة الحاسب
RAM (Random Access Memory)	ذاكرة الوصول العشوائي
Immediate access memory	ذاكرة الوصول الفوري
Direct access memory	ذاكرة الوصول المباشر
ROM (Read only memory)	ذاكرة يمكن قراءتها فقط
PROM (Programmable read only memory)	ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها

(ز)

Propagation delay	زمن الانتشار
Access time	زمن الوصول

(س)

Latch	سقاطة
-------	-------

(ش)

Computer code	شفرة الحاسب
Operation code	شفرة العملية

(ض)

Cell looping	ضم خلايا جدول كارنوف
--------------	----------------------

(ط)

Binary subtractor	طراح ثنائي
Bipolar techniques	طرق ثنائية القطبية

(ع)

Inverter	عاكس
BCD counter	عداد ثنائي بالشفرة العشرية
Ring counter	عداد دائري
Decade counter	عداد عشري

Asynchronous counter
Ripple-through counter
Batch counter
Synchronous counter
Fan-out
Fan-in
Address

عداد غير متزامن
عداد تموجات
عداد كمية
عداد متزامن
عدد تفريعات الخرج
عدد المداخل
عنوان

(ف)

Decoding
FORTRAN

فك رموز الشفرة
فورتران

(ق)

Floppy
Magnetic Disc

قرص مرن
قرص مغنط

(ك)

Block
COBOL

كتلة
كوبول

(ل)

Assembly language
High level language

لغة التجميع
لغة متطورة

(م)

Complement
Decoder
Ferrite core store
Backing store
Register
Shift Register
Storage Register
Address Register
Drain

متمم
محلل الشفرة
مخازن القلوب الحديدية
مخزن احتياطي
مسجل
مسجل إزاحة
مسجل تخزين
مسجل العنوان
مصب

Trigger	مفجر
Hardware	المكونات المادية (للحاسب)
Noise immunity	مناعة ضد الضوضاء
Source	منبع
Logic	منطق
Negative logic	منطق سالب
Postive logic	منطق موجب
Pulse generator	مولد نبضات

(ن)

Half adder	نصف جامع
Hinary Numbering System	نظام الترقيم الثنائي
Combinational Systems	نظم تراكيبية
Asynchronous Systems	نظم غير متزامنة
Synchronous Systems	نظم متزامنة
Sequential Systems	نظم متسلسلة

(و)

Input units	وحدات إدخال
Output units	وحدات إخراج
Control unit	وحدة التحكم
Central Processing Unit (CPU)	وحدة التشغيل المركزية
Arithmetic Unit	وحدة الحساب

المصطلحات العلمية (انجليزي - عربى)

A

Access time	زمن الوصول
Accumulator	مركم
Address	عنوان
Address register	مسجل العنوان
Arithmetic and Logic Unit	وحدة الحساب والمنطق
ASCII - American Standard Code for Information Interchange	آسكى - الشفرة المعيارية الأمريكية لتبادل المعلومات
Assembler	برنامج تجميع
Assembly language	لغة تجميع
Astable multivibrator	متعدد الاهتزازات غير المترن
Asynchronous counter	عداد غير متزامن
Asynchronous logic system	نظم منطقية غير متزامنة

B

BASIC	بيزيك
BCD system	« لغة برمجة » اختصار « الشفرة الرمزية للأوامر للاستخدامات المختلفة للمبتدئين »
Batch counter	اختصار « نظام الترقيم العشري بالشفرة الثنائية »
Binary	عداد كمية
Binary addition	ثنائى
Binary arithmetic	الجمع فى الحساب الثنائى
Boolean algebra	الحساب فى الأساس الثنائى
Buffer	الجبر البوولى
Byte	حاجز وسيط مرحلى
	بايت « أقل وحدة يمكن تحديد موضعها فى ذاكرة الحاسب »

C

Card	بطاقة
Cell looping	ضم خلايا جداول كارنوف

Central Processing Unit (CPU)

Clock

COBOL

Complement

Combinational logic system

Comparator

Control unit

وحدة التشغيل المركزية

ساعة

كوبول « لغة برمجة موجهة للأعمال التجارية الشائعة »

متعم

نظم المنطق التراكيبية

مقارن

وحدة التحكم

D

Data

Decade counter

Denary numbering system

Digital computer

Diode

Direct access memory

Drain

D-Flip flop

Dynamic memory

بيانات

عداد عشرى

نظام الترقيم العشري

الحاسب الرقبي

نبيلة ثنائية

ذاكرة الوصول المباشر

مصعب

دائرة قلابة من نوع D

ذاكرة دينامية

E

EAROM

ECL

EPITAXIAL Process

EPROM

Even parity

Exclusive-OR gate

ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها باستخدام

نبضات كهربية

اختصار « دوائر المنطق المرتبطة عن طريق الباعث »

عملية يتم فيها ترسيب طبقة سطحية في اتجاه محوري واحد

ذاكرة للقراءة فقط يمكن مسحها باستخدام إشعاع

فوق بنفسجي قوى وإعادة برمجتها

اختبار التطابق الزوجي

بوابة نفي « أو » المنفردة

F

Fan-in

Fan-out

Ferrite core

FET

Flip-Flop

عدد المدخل

عدد تفرعات الخرج

القلوب الحديدية

اختصار معناه « تزانستور تأثير المجال »

دائرة قلابة

Floppy disc	قرص مغنط مرن
Flowcharting	إعداد خرائط سير العمليات
FORTRAN	فورتران
Full adder	جامع تام
Function mapping	إسقاط الدوال

G

Gate	بوابة
GIGO	اختصار معناه « نفايات داخلية - نفايات خارجة »

H

Half adder	نصف جامع
Hardware	مكونات مادية (لحاسب)

I

Input units	وحدات إدخال
Instruction	أمر
Instruction address	عنوان الأمر
Integrated Circuit (IC)	دائرة متكاملة
Inverter	عاكس

J

J-K Flip Flop	دائرة قلابة من نوع J-K
---------------	------------------------

K

Karnaugh map	جداول كارنوف
--------------	--------------

L

Latch	سقاطة
Logic	منطق
Logic Networks	شبكات منطقية
Looping	دوران

M

Machine Code	شفرة الحاسب
Magnetic disc	قرص مغنط

Mangetic drum
Magnetic tape
Master-slave flip flop
Microcomputer
Microprocessor
Minicomputer
MOS

اسطوانة ممغنطة
شريط ممغنط
دائرة قلابة من نوع التابع / المتبوع
حاسب دقيق
مشغل دقيق
حاسب صغير
اختصار « معدن - أكسيد - شبه موصل » .

N

Noise
Numbering systems

ضوضاء
نظم الترقيم

O

Octal numbering system
Odd parity
Operation code
OR gate
Output units

نظام الترقيم الثماني
اختبار تطابق أحادي
شفرة عملية
بوابة « أو »
وحدات إخراج

P

Parallel adder
Parity check
Pinch-off
Pulse generator

جامع على التوازي
اختبار تطابق
قرص
مولد نبضات

R

Random Access Memory (RAM)
Read cycle
Refresh cycle
Regenerative cycle
Register
Rging counter
Ripple-through counter

ذاكرة الوصول العشوائي
دورة القراءة
دورة التجديد
دورة إعادة الكتابة
مسجل
عداد دائري
عداد تموجات

S

Sequential logic systems

نظم منطقية متسلسلة

Shift register

مسجل إزاحة

Software

برامج جاهزة وملحقة (بالحاسب)

Static memory

ذاكرة استاتيكية

Storage

تخزين - مخازن

Synchronous counter

عداد مترامن

Synchronous logic systems

نظم منطقية مترامة

T

Track

مسار

TTL

اختصار « منطق ترانزستور - ترانزستور »

W

Write cycle

دورة كتابة

الفهرس الابجدى

برنامج ١٨٥
 بوابة ١٣
 بوابة « أو » باستخدام النبطة الثنائية ٣٨
 بوابة « أو » المنطقية ٢٤
 بوابة « أو » المنفردة ٥٨
 بوابة النباط الثنائية المتتابعة ٣٨
 بوابة نى ٢٦
 بوابة نى « أو » ٢٦
 بوابة نى « أو » ونى « و » ٥٢
 بوابة « و » باستخدام النبطة الثنائية ٣٥
 بوابة « و » المنطقية ٢٤
 بيزك اختصار معناه « الشفرة الرمزية للأوامر
 للاستخدامات المختلفة للمبتدئين » ١٨٩
 ت
 تبديد الطاقة ٣٤
 تحميم رأس القراءة والكتابة ١٧٤
 تحكم فى بيانات الدوائر القلابة ١٠٣
 تحكم فى التطبيقات الصناعية باستخدام
 الدوائر المنطقية ١٣٦
 تحكم فى المصدر ١٤٢
 تخزين ١٥٥
 تخزين الشحنة فى النبطة الثنائية ٣١
 تخصيص ١٧٩
 ترانزستور أحادى القطبية ١٥
 ترانزستور من نوع MOS ١٥
 ترانزستور تأثير المجال (FET) ١٣
 ترانزستور FET ذو البوابة المعزولة (IGFET) ١٥

أبيتاكسيال « عملية ترسيب طبقة سطحية فى اتجاه
 محورى واحد » ١٠
 أجهزة مساعدة ١٥٣
 احتياطات تتخذ عند التعامل أو تناول الترانزستور
 من نوع CMOS ٥٢
 اختبار التوافق ١٦٣
 اختبار تطابق أحادى ١٦٣
 اختبار تطابق زوجى ١٦٣
 اختصارات ١٩
 اختبار أنواع دوائر المنطق ٣٠
 اسطوانة ١٧٥
 اسطوانة ممغنطة للتخزين (الإضافى) ١٧٣
 إسقاط الدوال ٦٦
 أسكى - اختصار للشفرة المعيارية الأمريكية لتبادل
 المعلومات (ASCII) ١٨٩
 إطار ١٧٥
 إعداد خرائط سير العمليات ١٧٧
 أقراص ممغنطة للتخزين يمكن إيداعها ١٧٥
 آلة طباعة من بعد ١٥٧
 آلة كتابة مرسله ومستقبلة من بعد (TTY) ١٩٠
 أليوريم ١٧٧
 أليول ١٩٠
 أمر ١٥٤
 أنواع الدوائر المنطقية ٣٤
 ب
 بايت ١٦٠
 برامج جاهزة وملحقة (بالحاسب) ١٥٤ - ١٨٦

ترانزستور يعمل بتأثير المجال الكهربى (FET)

المتولد عن طريق وصلة البوابة (JUGFET) ١٢

تركيبية رأس القراءة الثابت ١٧٣

تركيبية رأس القراءة الراقص ١٧٤

تركيبية رأس القراءة الطائر ١٧٤

تسجيل طول ١٧٢

تصنيف الدوائر المنطقية ٦٨

تصنيف الدوائر المتكاملة ١٤

تطبيقات الحاسب

تغليف الدوائر المتكاملة ١٨

تغليف الدوائر المتكاملة من نوع DIL ١٨

تغليف مسطحة ١٨

تقاطع طرق آلى من نوع بليكان ١٤٨

تقاطع طريق غير مراقب ١٤٣

تمييز الدوائر من نوع TTL ٤٦

توصيلة أرجل دوائر TTL ١٩٢

تيسار نايع ٤٤

تيارات منصبة ونابذة ٢٤

ث

ثابت وغير متقلب ١٦٤

ج

جامع تام ٨٧

جامع تام لأربعة أرقام ثنائية ٨٩

جامع على التوازي ٨٩

جامع على التوالى ٨٧

جبر بوولى ٢١

جداول فيتش ٦٥

جداول كارنوف ٦٤

جمع فى الحاسب الثنائى ٨٥

جملة حسابية ١٨١

ح

حاجز (مخزن) وسيط ومرحل ١٥٩

حاسب دقيق ١٥٨

حاسب رقمى ١٥١

حاسب صغير ١٥٨

حالة الاستنفاد ١٤

حالة التعزيز ١٤

حالة القرص ١٣

حدود الضوضاء ٣٣

حساب ثنائى ٨٥

خ

خدمة غرف الفنادق ١٤٠

د

دائرة قلابة (FF) ٧٨

دائرة قلابة من نوع D ٨٠

دائرة قلابة من نوع J-K ٨٣

دائرة قلابة من نوع S-R ٧٨

دائرة قلابة من نوع T ٨٣

دائرة قلابة مزمنة من نوع S-R ٨٠

دوائر متكاملة ٨

دائرة متكاملة خطية ٨

دائرة متكاملة رقمية ٨ - ٣٠

دوائر متكاملة مصنوعة من بلورة واحدة ١١

دوائر منطق ترانزستور- ترانزستور (TTL) ٤٢

دوائر منطق CMOS ١٥

دوائر منطق ترانزستور MOS ٥٠

دوائر منطق مرتبطة عن طريق الباعث (ECL) ٤٨

دوائر منطق مقاومة ترانزستور (RTL) ٣٥

دوائر منطق نبائط ثنائية ترانزستور (DTL) ٣٥

دوائر منطق نبائط ثنائية متتابعة ٣٥

دوائر منطق نبائط ثنائية ومقاومات (DRL) ٣٥

دوران ١٨١

دورة إعادة كتابة ١٦٣

دورة تجديد ١٦٤

دورة قراءة ١٦٣

ذ

ذاكرة استاتيكية ١٦٤

ذاكرة الحاسب ١٥٩

ذاكرة دينامية ١٦٤

ذاكرة الوصول العشوائى (RAM) ١٥٤

ذاكرة الوصول العشوائى الدينامية ١٦٦

ذاكرة الوصول الفورى ١٥٩

ذاكرة الوصول المباشر ١٦٣

ذاكرة يمكن قراءتها فقط (ROM) ١٦٩

ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها (PROM)

١٦٩

ذاكرة يمكن قراءتها فقط يمكن برمجتها باستخدام

قناع ١٦٩

ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها بالوصلات

المتصهرة ١٦٩

ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها ومسحها

باستخدام إشعاع بنفسجى قوى (EPROM) ١٦٩

ذاكرة يمكن قراءتها فقط ويمكن برمجتها باستخدام

نبضات كهربية (EAROM) ١٦٩

ز

رقم باشارته ٩١

رموز حسابية ١٧٩

رموز منطقية ١٩١

ز

زمن الانتشار ٣٢

زمن الوصول ١٦٣

س

سرعة تنفيذ عملية ٣٠

سقاطة ٨٠

ش

شبيكات منطقية ٥٤

شريط مغنط للتخزين (الإضافى) ١٧٤

شفرة الحاسب ١٨٦

شفرة العملية ١٥٥

ض

ضرب فى الحاسب الثنائى ٩٢

ضم الخلايا فى جدول كارنوف ١٨١

ط

طابع سطر ١٥٧

طارج ثنائى ٩٢

طرح بإتمام الإثنى ٩١

طرح فى الحاسب الثنائى ٩٠

طرق ثنائية القطبية ١١

ع

عاكس ٢٥

عداد تصاعدى تنازلى ١١٣

عداد تموجات ١١٢

عداد ثنائى بالشفرة ، العشرية (BCD) ١٢١

عداد دائرى ٩٨ - ١٢٢

عداد دائرى مكوس ١٢٢

عداد عشرى ١١٦

عداد غير متزامن ١١٢

عداد كمية ١١٥

عداد متزامن ١١٦

عدد تفريعات الخرج ٣٤

عدد المداخل ٣٤

عملية تصنيع سطحى ٨

عملية ضوئية فوتوغرافية ١٠

عناصر الحاسب الرقى ١٥٣

عنصر ثنائى الاستقرار ٧٨

عنوان ١٨٥

عنوان الأمر ١٥٦

غ

غير مستقر ١٦٤

ف

فترة الوصول ١٦٣

فك رموز الشفرة ١١٤

فوتوتران «لغة للحاسب معناها: ترجمة المعادلات» ١٩٠

ق

- قارىء بطاقات ١٥٧
- قارىء الشريط الورق ١٥٦
- قاعدة تابع / متبوع ٨٢
- قرارات ١٨١
- قرص مرن ١٧٦
- قناة ١٣
- قناة العكس ١٤
- قواعد الجبر البولي ٢٢
- قوانية المنطق ٢٢
- قيمة شاذة ١٨٢

ك

- كتلة ١٧٥
- كلمة الحاسب (بايت) ١٦٠
- كوبول لغة لحاسب معناها « اللغة التجارية العامة » ١٩٠

ل

- لغة التجميع (الرمزية) ١٨٦
- لغة متطورة ١٨٦

م

- مانع ارتدادات المفتاح ١٩٩
- متعدد الاهتزازات غير المتزن ٢٠١
- متسم ٢٥
- مثنى البطاقات ١٥٧
- مثنى الشريط الورق ١٥٧
- محلل الشفرة المنطقية ١١٥
- مخازن الفشاء الرقيق ١٦٤
- مخازن القلوب الحديدية ١٥٩
- مخزن احتياطي ١٥٩ - ١٧٢
- مدى درجات الحرارة التجارى ٣٤
- مدى درجات الحرارة العسكرية ٣٤
- مركم ١٨٥
- مزيل الارتداد ١٩٩
- مسارات ١٧٢
- مسافة بين كتلتين مخزنيتين ١٧٢

مستويات الحدود ٣٢

مستويات المنطق المختلط ٢٤

مسجل ٩٨

مسجل إزاحة ٩٨ - ١٠١

مسجل إزاحة يمينية أو يسارية ١١٤

مسجل التحكم في تسلسل (الأوامر) ١٥٦

مسجل تخزين ٩٨

مسجل العنوان ١٥٦

مسجل يمكن عنوانه ١٣٢

مصب ١٣

مصنوفة مخازن القلوب الحديدية ١٦٢

مضاعف المدل ٩٥

مضبوط على إشارة منطقية « 1 » مسبقاً ٩٨

معبر طريق آلى غير مراقب ١٤٣

مقايم البرامج الجاهزة والمملحة ١٨٦

مفجر ٨٣

مقارن ٥٨

المكونات المادية (لحاسب) ٢٣

مناعة ضد الضوضاء ٢٣

منبع ١٣

منطق ٢١

منطق سالب ٢٤

منطق مختلط ٢٤

منطق موجب ٢٤

مولد أعداد عشوائية زائفة ١٣٢

مولد نبضات ١٩٨

ن

نبيطة شوتكى الثنائية ٣٢

نرد الكترول ٢٠١

نصف جامع ٨٦

نظام أمان عملية صناعية ٦٠

نظام الترقيم الثماني ٢٧

نظام الترقيم الثماني ٢٩

نظام الترقيم الثماني بالشفرة العشرية ١١٨

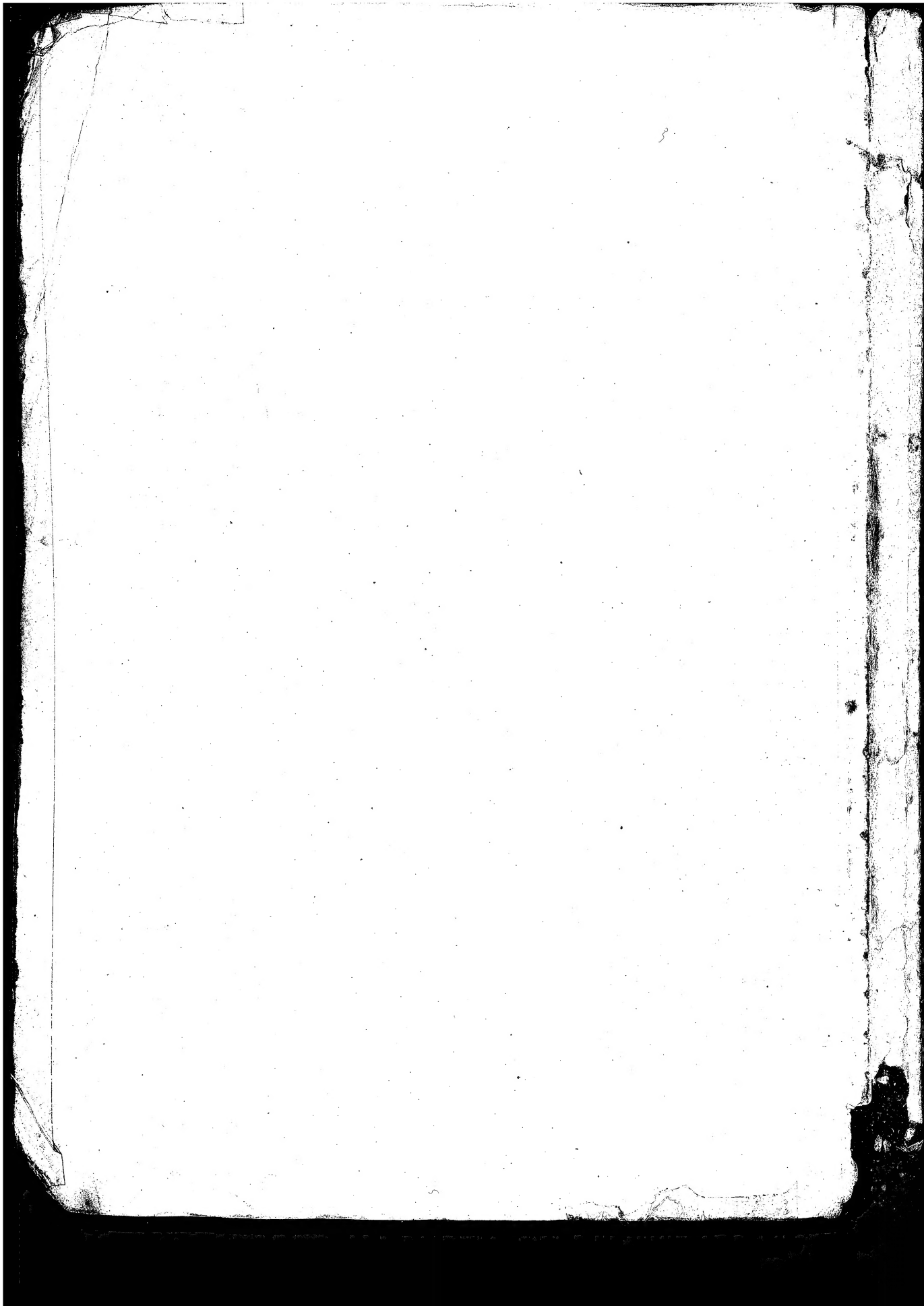
وحدات إدخال ١٥٦

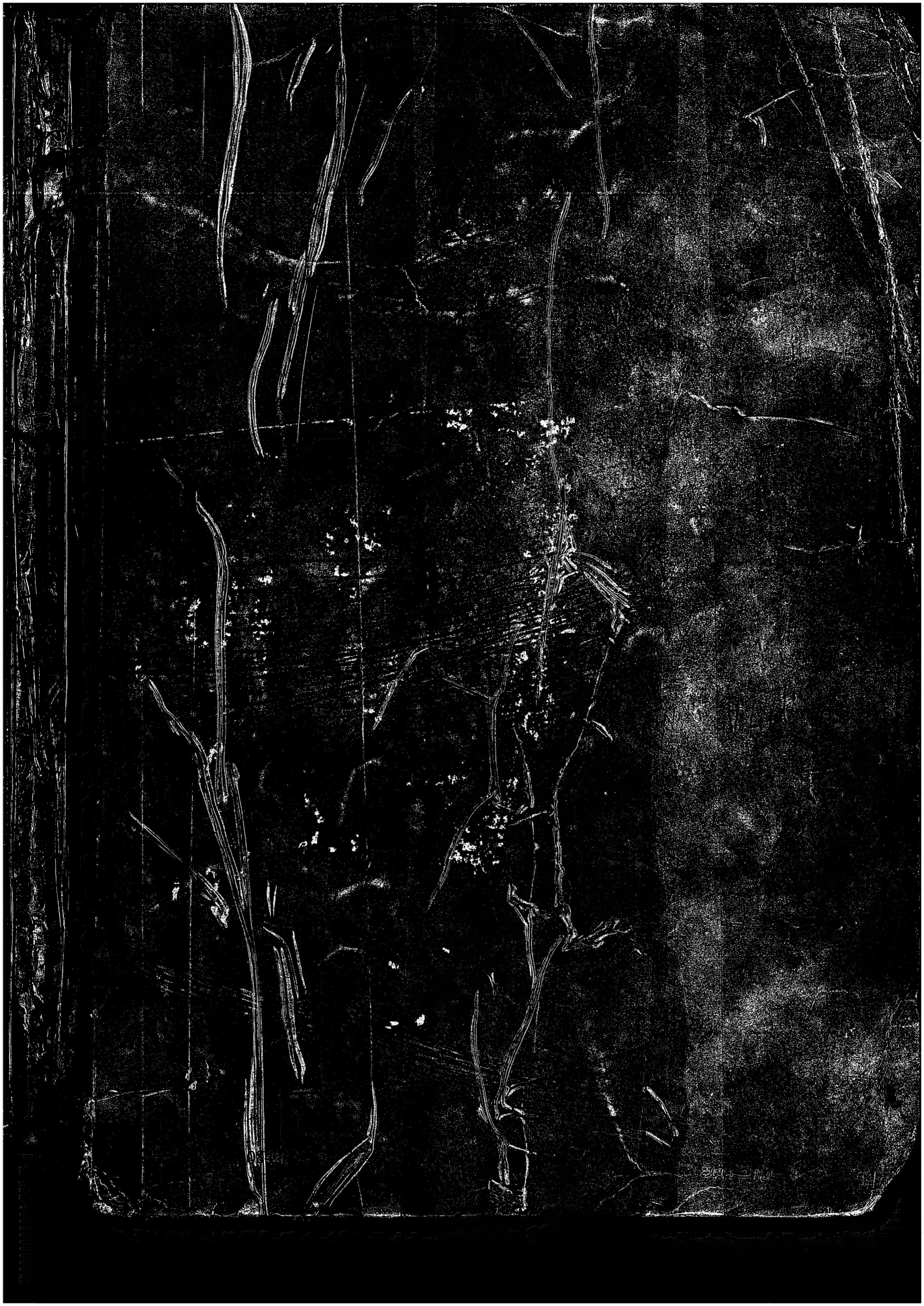
وقت انتشار الإشارة ٣١

حلمي عبد العزيز الأقرس

1983 / 8088







وولاد

الدوائر المهمة لترميمه وإصلاحه

ISBN 07 084266 - 3

طابعات دار الفنون